

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Н.В.УДАЛЬЦОВА, В.А.КОЛОМБЕТ, С.Э.ШНОЛЬ

**ВОЗМОЖНАЯ КОСМОФИЗИЧЕСКАЯ
ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ
МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ
В ПРОЦЕССАХ РАЗНОЙ
ПРИРОДЫ**

Удальцова Н.В., Коломбет В.А., Шноль С.Э. Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы (исследования 1957-1985 гг. и в период солнечного затмения 31.VII.1981 г.).

В книге изложен и обобщен материал многолетних экспериментальных исследований, проводимых в Пушкине в Институте биологической физики АН СССР, в соответствии с планом научных работ по плановой теме 2.28.3.1.2 "Механохимические и структурные основы преобразования энергии и информации в биологических процессах" и теме 2.28.11.10.1 "Биофизические механизмы действия неионизирующих излучений. Изолированные и комбинированные воздействия ("Физическая среда")".

Рассмотрены корреляции макроскопических флуктуаций в биохимических и химических процессах с космофизическими характеристиками. Приведены данные о синхронных изменениях формы гистограмм результатов измерения хода различных процессов. Изложены результаты обработки измерений в период солнечного затмения 31.VII.1981 г.

Книга рассчитана на исследователей, занимающихся проблемами флуктуаций, связи земных и космофизических процессов, биофизиков, биохимиков и физиков.

Ответственный редактор д-р физ.-мат. наук В.А.Твердислов

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	4
2. Макроскопические флуктуации в водных растворах различных белков и форма соответствующих гистограмм .	7
3. Зависимость амплитуды макроскопических флуктуаций и формы спектров реализуемых состояний от температуры, освещения, экранировки, формы сосудов с растворами белков	10
4. Космофизические корреляции параметров макроскопических флуктуаций в разных процессах	18
5. Измерение скорости реакции аскорбиновой кислоты и дихлорфенолиндофенола 30 июля – 1 августа 1981 г. в связи с солнечным затмением 31 июля 1981 г.	24
6. Форма гистограмм при измерении различных процессов в разных географических пунктах как свидетельство космофизической обусловленности макроскопических флуктуаций	56
7. Критерии сходства формы гистограмм. Изменения формы гистограмм результатов измерений скорости реакции аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндофенолом в опытах 1982–1985 гг.	67
8. Форма спектров амплитуд макроскопических флуктуаций коррелирует с положением Луны относительно горизонта .	76
9. Макроскопические флуктуации в результатах измерений масс и безразмерных констант взаимодействий	78
10. Обсуждение	88
Литература	90

1. ВВЕДЕНИЕ

В 1956 г. при работе с препаратами мышечных белков было обращено внимание на необычно большой разброс результатов измерений АТФазной активности. Этот разброс результатов существенно превышал возможные методические ошибки. На протяжении ряда лет были исследованы и оценены возможные источники ошибок: недостаточность перемешивания, неомогенность растворов, непостоянство температуры, нестабильность измерительных приборов и т. п. Опыты состояли в измерениях ферментативной активности, титра SH-групп и т. п. в последовательно отбираемых из общего сосуда равных порциях раствора соответствующего белка (фермента). И при строгом соблюдении "принципа прочих равных условий" результаты измерений ферментативной активности или титра SH-групп иногда отличались в 1,5–2 раза (т. е. на 50–100%, при методической ошибке – 1,5–2%).

Первое сообщение об этом феномене было опубликовано в 1958 г. /1/. Одной из первых гипотез, объясняющих наблюдаемый разброс результатов, было предположение о колебательных процессах, происходящих в растворах белков. В связи с этим был установлен контакт с Б.Л.Белоусовым, открывшим широко ныне известную колебательную реакцию, и начаты исследования колебательных процессов в биохимических системах. Первый период этих исследований нашей и других лабораторий был обобщен на I Всесоюзном симпозиуме по колебательным процессам в химических и биологических системах в 1966 г. в Пушкине /6/.

Однако, к этому времени было уже вполне ясно, что изучавшийся в нашей лаборатории "разброс результатов" не является следствием каких-либо кинетических колебательных процессов /6/. В нашем случае правильнее было бы говорить не о колебаниях, а о флуктуациях. При этом еще в 1963 г. было показано, что эти флуктуации могут охватывать макроскопические объемы, происходить одновременно в разных частях сосудов с растворами белка /5, 9/. Поскольку при наблюдавшихся флуктуациях изменялась не только ферментативная активность, но и число титруемых SH-групп, было предположено, что "макроскопические флуктуации" яв-

ляются следствием синхронных изменений конформации макромолекул белков. Синхронизация полагалась следствием взаимодействия макромолекул через (посредством) разделяющую их среду /9/. Поэтому изучаемый феномен длительное время назывался "конформационные колебания". Было естественно полагать, что наблюдаемая амплитуда этих колебаний зависит как от свойств самих отдельных макромолекул белка, так и от свойств разделяющей их среды – водного раствора.

В этой связи многие годы мы занимались исследованиями зависимости "конформационных колебаний" от самых различных воздействий – химических и физических, направленных как на макромолекулы белка, так и на разделяющий их растворитель. По наблюдаемым эффектам из многих десятков использованных в этих опытах веществ, выделились две группы: вещества, изменяющие окислительно-восстановительный потенциал, и вещества, изменяющие полярность среды.

Окислители и восстановители, по-видимому, изменяют свойства самих макромолекул, а различные алифатические спирты, ацетон, глицерин, этиленгликоль влияют на амплитуду флуктуаций, изменяя преимущественно свойства растворителя.

Частично результаты соответствующих исследований были опубликованы в период 1964–1979 гг. /5–9, 68/.

Долгое время мы полагали "конформационные колебания" специфическим свойством лишь фибриллярных белков актомиозинового комплекса. Но уже в 1966 г. Е.П. Четверикова и сотр. обнаружили аналогичные колебания (флуктуации) в растворах глобулярного белка-фермента креатинкиназы /7/.

В дальнейшем в больших сериях опытов на большом числе различных препаратов в нашей лаборатории было показано, что "макроскопические флуктуации" являются общим свойством всех белков /16/. При этом оказалось, что макроскопические флуктуации не проявляются после денатурации белков /13/. К 1980 году сложилось мнение, что нативные макромолекулы белков являются лишь индикаторами идущих и без них макроскопических флуктуаций. В самом деле оказалось, что этот феномен наблюдается и в безбелковых системах, проявляясь, например, во флуктуациях реакционной способности при взаимодействии аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндифенолом.

Резкое расширение представлений о макроскопических флуктуациях произошло в 1982 г., когда они были обнаружены при измерениях таких разных процессов, как электрофоретическая подвижность клеток и частиц латекса, времени спин-спиновой релаксации T_2 протонов воды, флуктуации спектральной чувствительности глаза, времени разряда RC-генератора на неоновой лампе и, наконец, при измерениях радиоактивного распада. Первое сообщение об этом было сделано на I Всесоюзном биофизическом съезде в 1982 г. и в /19, 20/. Более детальный анализ этих материалов дан в /24/.

Здесь необходимо подчеркнуть, что макроскопические флуктуации, по-видимому, только в биохимических и химических системах характеризуются амплитудой, существенно превышающей "разброс результатов", обусловленный методическими причинами – "ошибками метода". Для других систем, например для радиоактивного распада, амплитуда макроскопических флуктуаций соответствует теоретической величине, следующей из распределения Пуассона. Диагноз "макроскопические флуктуации" в этих случаях основывается на форме гистограмм. Однако дискретные гистограммы могут быть естественным следствием малости выборки и "сильной" растянутасти масштаба по оси абсцисс. Поэтому признаком макроскопических флуктуаций является не сама по себе изрезанность, дискретность гистограмм, а сходство формы гистограмм как в последовательных сериях измерений хода одного и того же процесса, так в особенности и при синхронных измерениях хода во времени разных процессов. Естественно, что весьма важно иметь надежные количественные критерии сходства формы гистограмм. Разработка такого критерия – одна из актуальных проблем, ее решение позволит классифицировать гистограммы по их форме посредством ЭВМ, основываясь на банке данных. В нашей работе используются разные критерии сходства формы гистограмм, как общепринятые, так и вновь разработанные. Однако в настоящее время все эти критерии недостаточно совершенны и уступают визуальному сопоставлению. Такое сравнение на глаз, визуальное выявление сходства формы гистограмм оказывается для большинства наших целей пока достаточным.

Итак, макроскопические флуктуации оказались свойственными практически всем объектам окружающего мира. В ходе этих флуктуаций реализуется дискретный спектр "разрешенных" состояний. А поскольку форма этого спектра одинакова в данный момент и синхронно изменяется в объектах разной природы даже при больших расстояниях между ними, естествен вывод о космофизической обусловленности анализируемого феномена.

Понятно, что наиболее удобным процессом для поиска космофизических причин макроскопических флуктуаций является радиоактивный распад. В самом деле, в этом случае можно заведомо пренебречь "земными" причинами. Однако, прежде чем сконцентрировать внимание на измерениях радиоактивности, представляется целесообразным обобщить ряд материалов, почти не обсуждавшихся в опубликованных работах, по макроскопическим флуктуациям в растворах белков и в других объектах, особенно результаты опытов с различными экранами и воздействиями на растворы белков. Без этого может быть потеряно много ценных указаний на возможные механизмы анализируемых явлений. При этом следует подчеркнуть, что как раз результаты опытов с радиоактивными препаратами последних лет были уже рассмотрены в /24/.

В связи со сказанным предлагаемый обзор – монография состо-

ит из следующих разделов: 1) описание макроскопических флуктуаций в препаратах белков – ферментов; 2) изложение результатов исследований влияния различных физических факторов – температуры, света, экранов – на форму гистограмм и амплитуду макроскопических флуктуаций в растворах белков и других веществ; 3) анализ космофизических корреляций параметров макроскопических флуктуаций в различных процессах; 4) описание результатов серии исследований, выполненных в связи с солнечным затмением 31 июля 1981г.; 5) сопоставление формы гистограмм, построенных по результатам синхронных измерений хода различных процессов в географических пунктах, удаленных друг от друга на расстояния в сотни и тысячи километров; 6) описание и анализ методов сопоставления формы гистограмм и некоторые результаты поиска временных закономерностей изменения формы гистограмм; 7) описание возможной корреляции формы гистограмм с положением Луны относительно горизонта и 8) результаты, полученные одним из нас (В.А.Коломбет) при попытках рассматривать макроскопические флуктуации как фундаментальное свойство – проявление имманентной дискретности величин мировых констант.

Следует отметить, что предлагаемый обзор не претендует на полноту. На протяжении 30-летнего периода этих исследований было опубликовано несколько обзоров и обобщений, приведенных в списке литературы. Основной акцент в предлагаемой публикации, в соответствии с ее заглавием, делается на анализ возможной космофизической обусловленности макроскопических флуктуаций.

2. МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ РАЗЛИЧНЫХ БЕЛКОВ И ФОРМА СООТВЕТСТВУЮЩИХ ГИСТОГРАММ

На рис. 1 приведена иллюстрация результатов типичного опыта по исследованию макроскопических флуктуаций ферментативной активности в растворе соответствующего фермента. В этом опыте 27 апреля 1978 г. из раствора креатинкиназы $0,2 \text{ мг/мл}$ на $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ М}$ растворе KH_2PO_4 $\text{pH}=8$ раз в минуту отбирали равные порции по $0,1 \text{ мл}$ и добавляли в кювету фотоэлектроколориметра (ФЭК), содержащую АТФ и креатин в концентрациях по $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ М}$ и Mg -ацетат в концентрации $1 \cdot 10^{-3} \text{ М}$, и фенолрот в концентрации $0,02 \text{ мг/мл}$. После энергичного перемешивания регистрировали начальную скорость ферментативной реакции по изменению оптической плотности фенолрот вследствие закисления среды при переносе фосфатной группы с АТФ на креатин. Регистрацию осуществляли посредством усилителя И-37 и самописца И-371, присоединенных к ФЭК. Опыт (180 измерений) продолжался с 10 ч 00 мин до 13 ч 00 мин московского времени.

Как видно из рис. 1, ферментативная активность в последовательно отбираемых равных порциях гомогенного раствора креатин-

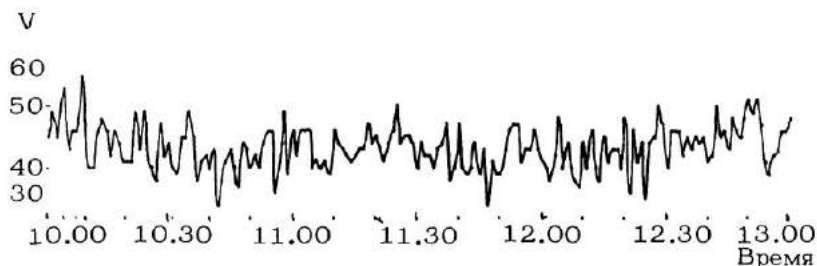


Рис. 1. Флуктуации ферментативной активности в растворе креатинкиназы. Опыт 27 апреля 1978 г. Ферментативная активность равных порций раствора креатинкиназы, отбираемых с интервалами в 1. мин из общего сосуда. По оси абсцисс – время. По оси ординат – начальная скорость креатинкиназной реакции в условных единицах

киназы сильно различается: наблюдаются флуктуации начальной скорости исследуемой реакции с амплитудой до 10–12 усл. ед. Наряду с относительно высокочастотными флуктуациями виден низкочастотный тренд.

На рис. 2 изображены гистограммы – распределения всех 180 результатов измерений этого опыта 27 апреля и аналогичного опыта 26 апреля 1978 г. Видно, что наблюдаемые распределения по форме отличаются от нормального. Традиционные критерии согласия гипотез мало пригодны для оценки степени закономерности формы гистограмм. Эти критерии обычно применяются для оценки отличия эмпирических распределений от нормального. Гистограмма опыта 27.IV.78 г. отличается от нормального распределения по критерию с доверительной вероятностью около 90%. Однако нам гораздо существеннее оценивать сходство формы двух независимо получаемых гистограмм, явное из рис. 2. Этот вопрос

будет подробно рассмотрен далее, в разделе 7. Серии сходных по форме последовательно получаемых

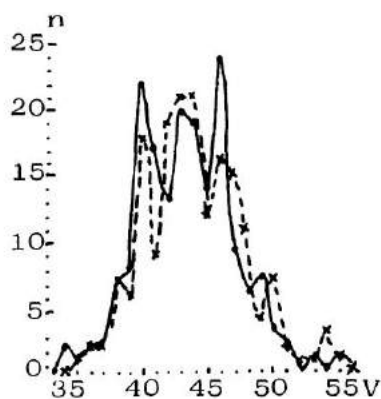


Рис. 2. Гистограммы – распределения результатов по 180 измерениям ферментативной активности равных порций раствора креатинкиназы в двух аналогичных опыта: (x---x) – 26 апреля и (•—•) – 27 апреля 1978 г. (см. рис. 1). По оси абсцисс – ферментативная активность в условных единицах, по оси ординат – число проб с данной величиной ферментативной активности

гистограмм – характерное свойство анализируемого феномена. При этом, как правило, даже при измерениях в одно и то же время суток при "прочих равных условиях" форма гистограмм день за днем изменяется. Тогда критерием неслучайности наблюдаемой формы гистограмм служит сходство формы гистограмм при синхронных независимых сериях измерений. При этом природа изучаемых процессов может быть совершенно различной (см. подробнее раздел 6 этой книги и /20, 24/).

Сходство формы гистограмм, т. е. спектров реализуемых при макроскопических флуктуациях состояний исследуемых объектов, при синхронных измерениях и изменение этой формы во времени приводит к выводу о существовании некоей общей причины "силы", определяющей в каждый данный момент спектр разрешенных дискретных состояний разных объектов. Эта внешняя по отношению ко всем изучаемым объектам "сила" проявляется при расстояниях в сотни и тысячи километров между ними (см. далее раздел 6 и /24/). Отсюда естествен вывод о космофизической природе этой силы /20, 23, 24/.

Разные объекты могут отслеживать изменения этой внешней силы с разной чувствительностью. Одни являются высокочувствительными, другие – относительно малочувствительными индикаторами влияния этой силы. Различные воздействия могут изменять как эту "индикаторную чувствительность", так и изменять до некоторой степени характер реакции объекта на действие этой силы.

Это позволяет полагать различия формы гистограмм при синхронных измерениях признаком и мерой различных воздействий на исследуемый объект (процесс). Поэтому уже в 60-е годы мы стали использовать изменение формы гистограмм как метод для оценки различных воздействий при исследовании макроскопических флуктуаций в преларатах белков.

В качестве примера использования формы гистограмм для обнаружения влияния различных воздействий на ход макроскопических флуктуаций приведен рис. 3, где изображены результаты двух опытов 31 января и 13 февраля 1978 г. В этих опытах проверяли предположение о существенности перекисного окисления при макроскопических флуктуациях состояния белковых макромолекул. Для этого в растворы исследуемых белков – щелочной фосфатазы и креатинкиназы – добавляли каталитические количества пероксидазы и субстратные количества НАДН. Такая добавка должна приводить к исчезновению следов перекисей. Как видно из рис. 3, в результате добавления пероксидазы наиболее четкий эффект состоит в увеличении доли дискретных состояний макромолекул белков с относительно низкой ферментативной активностью. Эффект этот неспецифичен: он примерно одинаково проявляется и на щелочной фосфатазе, и на креатинкиназе.

Следует отметить, что такое влияние пероксидазы согласуется с ранее опубликованными результатами изучения влияния на ампли-

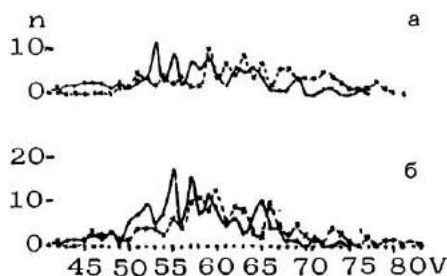


Рис. 3. Изменения формы гистограмм – спектров амплитуд макро-скопических флуктуаций ферментативной активности (а) щелочной фосфатазы (опыт 31 января 1978 г.) и (б) креатинкиназы (опыт 13 февраля 1978 г.) в присутствии каталитических количеств пероксидазы и субстратных количеств НАДН. Каждая гистограмма построена по 150 измерениям. (x—x) – контроль: без пероксидазы. Обозначения осей, как на рис. 2

туду макроскопических флуктуаций в растворах белков актомиозинового комплекса каталитических количеств каталазы или окислителей и восстановителей /9/. Однако именно изменения формы гистограмм являются наиболее чувствительными проявлениями изменений состояния исследуемых объектов.

3. ЗАВИСИМОСТЬ АМПЛИТУДЫ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ И ФОРМЫ СПЕКТРОВ РЕАЛИЗУЕМЫХ СОСТОЯНИЙ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ОСВЕЩЕНИЯ, ЭКРАНИРОВКИ, ФОРМЫ СОСУДОВ С РАСТВОРАМИ БЕЛКОВ

3.1. Амплитуда макроскопических флуктуаций и форма спектров реализуемых состояний не зависят от температуры. При работе с водными растворами белков и других веществ мы неоднократно исследовали зависимость МФ от температуры. Среднеквадратичная амплитуда флуктуаций (отнесенная к среднеарифметической величине и выраженная в процентах) и форма гистограмм весьма слабо зависят от температуры растворов. Молекулы белков являются индикаторами МФ, происходящих и без них в водных растворах /1/. Чувствительность этих индикаторов зависит от состояния макромолекул белков. Предварительный прогрев до температур, вызывающих денатурацию белков, как и другие способы денатурации, делает белки нечувствительными к МФ, происходящим в водных растворах /9, 13, 24, 68/. Температура, при которой до измерений выдерживаются растворы аскорбиновой кислоты (АК) и дихлорфенол-индофенола (ДХФИФ), не сказывается на амплитуде и форме гистограмм МФ скорости соответствующей реакции.

3.2. Амплитуда макроскопических флуктуаций и форма гисто-

грамм результатов измерений АТФазной активности и титра SH-групп препаратов актомиозина зависят от размеров сосудов с водой, окружающей пробирки с белком. С 12 сентября по 13 октября 1967 г. в нашей лаборатории было поставлено 19 опытов, в которых исследовали зависимость МФ титра SH-групп по отношению к аммиакату серебра в растворе актомиозина от формы сосуда с раствором белка. Были взяты: шарообразная колба емкостью около 170 мл, прямоугольная стеклянная кювета размером 3х5х1 см и цилиндрический стакан высотой 4 см и радиусом 1,5 см. В каждом опыте из каждого сосуда отбирали по 20 равных порций раствора белка и фиксировали в аммиачном буфере. Затем проводили амперометрическое титрование SH-групп /13/. По полученным величинам вычисляли среднеквадратичную амплитуду флуктуаций, отнесенную в процентах к среднеарифметической величине титра SH-групп в данном опыте - $\phi\%$.

Как было показано /24/ гистограммы - распределения величин $\phi\%$ - аналогичны по форме гистограммам самих измеряемых величин. Форма гистограмм $\phi\%$ оказалась различной при измерениях флуктуаций титра SH-групп растворов, находящихся в сосудах разной формы. Средняя амплитуда МФ оказалась наименьшей в шарообразной колбе (7,99%), наибольшей в прямоугольной кювете (10,5%).

С целью более детального анализа возможной зависимости изучаемых характеристик МФ от формы сосудов с 30 мая 1967 г. по 28 июня 1968 г. было осуществлено 154 опыта, в которых пробирки с раствором актомиозина помещали в центр одинаковых по форме шарообразных колб разного объема, наполненных водой*. В 88 из этих опытов из пробирок отбирали равные порции раствора и определяли в них титр SH-групп по аммиакату серебра. В остальных 66 опытах этой серии в последовательно отбираемых порциях раствора актомиозина определяли АТФазную активность (методы изложены в /9, 13, 67/). В каждом опыте было по семь вариантов: 1 - контроль - пробирка с раствором белка в стакане, заполненном ватой; 2 - пробирка с раствором белка укреплен в пробке колбы емкостью 100 мл, вся шарообразная часть колбы заполнена водой, дно (белок) пробирки помещено в центр колбы. В остальных вариантах (3-7) все было, как в варианте 2, но объемы колб составляли соответственно 250, 500, 1000, 3500, 6000 мл. В каждом опыте измеряли титр SH-групп или АТФазную активность в 10 порциях раствора каждого варианта. По этим 10 измерениям в каждом опыте вычисляли $\phi\%$.

На рис. 4 представлены ряды гистограмм $\phi\%$ по измерениям титра SH-групп и АТФазной активности при помещении пробирок с раствором актомиозина в наполненные водой шарообразные колбы разного объема в опытах 30 мая 1967 г.-27 июня 1968 г.

* Результаты части этих опытов опубликованы /8/.

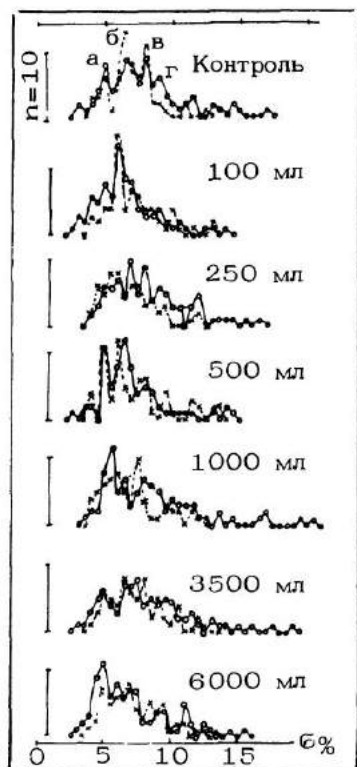


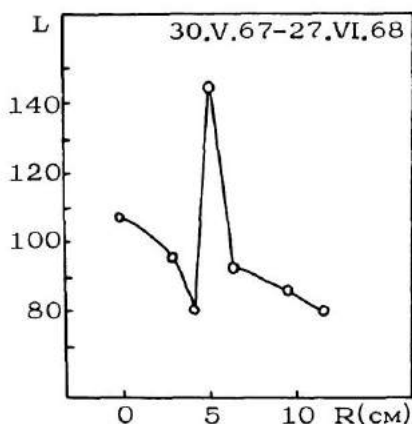
Рис. 4. Зависимость формы гистограмм среднеквадратичных амплитуд флуктуаций титра SH-групп (—○—○—) и АТФазной активности (—х—х—) растворов актомиозина от объема шарообразных колб с водой, окружающей пробирки с белком. Опыты 30 мая 1967 г.—27 июня 1968 г. Ось абсцисс — ϵ % относительно амплитуды МФ, ось ординат — число опытов, соответствующее величине ϵ %

Определенно видна зависимость формы гистограмм от радиуса (объема) внешнего водно-стеклянного экрана. Достоверность этой зависимости следует из совпадения (сходства) формы гистограмм результатов измерения двух различных характеристик раствора актомиозина в колбах одного и того же размера в опытах, поставленных в разное время. Видно, что в "контроле" по двум показателям — титру SH-групп и ферментативной активности — имеются хорошо разрешенные дискретные состояния с максимумами ϵ %,

соответствующими величинам "а" — 5, "б" — 6,5, "в" — 8 и "г" — 9%. Когда пробирка с раствором белка находится в 100-миллилитровой шарообразной колбе с водой, форма гистограммы ϵ % резко изменяется: пик "б" резко возрастает, остальные почти не изменяются. В 250-миллилитровой колбе с водой в качестве экрана гистограмма сглаживается — нет ни одного четко выраженного дискретного состояния. В 500-миллилитровой колбе проявляются все состояния — это наиболее дискретный, разрешенный спектр из всех вариантов. В 1000-миллилитровой колбе вид гистограммы снова изменяется — почти исчезает отдельное состояние "б", оно сливается с "а". В 2500-миллилитровой колбе опять, как и в 250-миллилитровой, спектр состояний почти недискретный — состояния "а", "б", "в" слабо разрешены. В 6000-миллилитровой колбе преобладает состояние "а". Мерой дискретности спектра состояний в однотипных измерениях может служить величина периметра соответствующей гистограммы.

На рис. 5 изображена зависимость величины периметра L , среднего для гистограмм ϵ % титра SH-групп и ϵ % АТФазной активности, от размеров колб-экранов. Виден резкий "резонанс" в 500-миллилитровой колбе.

Рис. 5. Изменение дискретности гистограмм среднеквадратичных амплитуд флуктуаций АТФазной активности и титра SH-групп в растворах актомиозина в зависимости от радиуса R шарообразной колбы с водой, окружающей пробирку с раствором белка. L – периметр гистограмм. Опыты 30 мая 1967 г.–27 июня 1968 г.



Результаты изложенных опытов позволяют предположить волновую природу МФ. Можно сказать даже, что длина волны (неизвестной нам физической природы), определяющей (влияющей на) амплитуду наблюдаемых МФ, примерно равна 5 см. Можно отметить, что электромагнитные волны такого размера соответствуют диапазону сильного поглощения водой (3–10 см), акустические 5-сантиметровые волны в воде соответствуют частоте 30 кГц. В принципе излучение звука в ходе химических и физико-химических процессов представляется вполне реальным. Это излучение может быть следствием "переупаковки" молекул воды при переходе от одной ее структуры к другой /6/. Замечательно, что такие "рассыпания" и "собираания" кластеров молекул воды как раз и ответственны за поглощение электромагнитных волн в диапазоне длин порядка 5 см. Совпадение длин электромагнитных и акустических волн может привести к своеобразным биениям – низкочастотной, акустической модуляции высокочастотных электромагнитных волн, зависящей от размеров экранов-резонаторов.

Во всех этих гипотетических построениях необходимо иметь в виду, что, как отмечено выше, наблюдаемые феномены могут быть следствием как изменения хода макроскопических флуктуаций в водных растворах, так и изменений способности молекул белков быть индикаторами, отслеживать эти флуктуации. Эта альтернатива может быть разрешена в опытах на объектах другой природы.

3.3. Видимый и инфракрасный свет влияет на амплитуду и спектр макроскопических флуктуаций в растворах белков и других веществ. В 1965 г. в опытах И.Л.Лисовской было отмечено существенное (в 2 раза) уменьшение амплитуды МФ титра SH-групп в растворах актина после 30-секундного предварительного (до отбора проб) освещения лампой накаливания через тепловой (водяной) фильтр.

В 1966 г. в нашей лаборатории были осуществлены многие десятки аналогичных опытов с измерением титра SH-групп в раст-

ворах актомиозина. Было показано, что кратковременное (около 30 сек) предварительное (до отбора проб) освещение сильно уменьшает среднюю амплитуду МФ на протяжении последующих 10 мин отбора проб исследуемого раствора. Эффект не объясняется изменением температуры раствора (использовали фильтры, проводили контроль температуры). При освещении растворов через светофильтры было показано, что наибольшим действием обладает свет с длиной волны, близкой к 540 нм /8/.

В опытах В.В.Рыбиной в 1978 г. было показано, что кратковременное 5-секундное освещение видимым и инфракрасным светом концентрированных (15÷40 мг/мл) растворов креатинкиназы или пируваткиназы приводит к резкому возрастанию амплитуды МФ титра SH-групп /14/.

В апреле-мае 1978 г. мы осуществили 10 больших опытов, в которых исследовали влияние кратковременного освещения концентрированных растворов белка на последующие МФ ферментативной активности разбавленных растворов креатинкиназы. Влияние предварительного освещения проявляется на всем протяжении опыта – более часа после 5-секундного воздействия. В целом это влияние проявляется в уменьшении средней амплитуды флуктуаций и в ухудшении разрешения дискретных состояний в спектре-гистограмме.

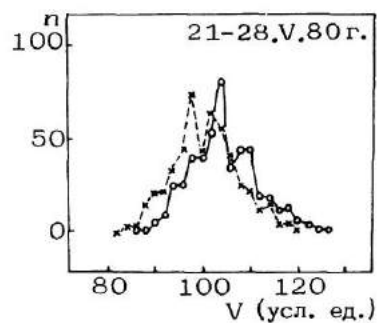


Рис. 6. Изменение гистограммы скоростей реакции АК+ДХФИФ при экранировании от рассеянного дневного света: (—○—○—) – раствор АК в открытом стакане, (—x—x—) – раствор АК в стакане, обернутом черной бумагой

Свет, освещение не являются причиной МФ. Его действие, вероятно, объясняется как изменением "индикаторной чувствительности" молекул белков, так и изменениями хода флуктуаций в водном растворе. Последнее утверждение подкрепляется результатами измерений МФ скорости реакции АК с ДХФИФ в опытах в мае 1980 г. В этих опытах было показано, что при помещении раствора АК до отбора проб в темный экран изменяется форма гистограммы – уменьшается фракция состояния, характеризуемого большой скоростью реакции (рис. 6).

3.4. Опыты с металлическими и другими экранами. В связи с предположениями о возможной электромагнитной природе факторов, определяющих осуществление и характер МФ, мы многократно на протяжении ряда лет исследовали зависимость наблюдаемых эффектов от экранировки изучаемых объектов экранами из разных материалов.

Рассмотрим наиболее важные результаты опытов с экранами

при исследовании МФ в водных растворах белков и других веществ.

В сентябре-ноябре 1966 г. мы провели 53 опыта, в которых изучали МФ титра SH-групп при помещении пробирок с раствором актомиозина в толстостенный чугунный экран и в аналогичные по форме затемненные стеклянные сосуды, заполненные водой или ватой. (Чугунный экран – цилиндр из сплошного чугуна радиусом 7,5 см и высотой 21 см, в торце которого высверлены отверстия для пробирок. Минимальная толщина чугунного экрана для пробирок, находящихся по периферии цилиндра, – 3 см). В каждом опыте проводили по 15 измерений титра SH-групп по отношению к аммиаку серебра в каждом варианте.

На рис. 7 представлены гистограммы ϕ % при измерении титра SH-групп в растворе актомиозина в чугунном, водном и "ватном" экранах. Видно, что при помещении пробирок с раствором белка в чугунный и водный экраны увеличивается амплитуда МФ – гистограммы смещаются вправо по оси ϕ % и примерно одинаково изменяется спектр реализуемых состояний: на гистограммах проявляются дискретные пики, соответствующие большим амплитудам МФ. Поскольку чугун и вода резко различны по своим диэлектрическим свойствам, предположение об электромагнитной природе факторов, определяющих спектр состояний, реализуемых в ходе МФ, можно считать маловероятным.

Систематические исследования возможного влияния экранов были возобновлены в 1978–1980 гг. при измерениях МФ ферментативной активности в растворах креатинкиназы и АК и ДХФИФ. При помещении исследуемых растворов в стальные, латунные, алюминиевые и плексигласовые экраны одинаковой формы наблюдались однотипные изменения формы гистограмм результатов измерений.

На рис. 8 представлены в качестве иллюстрации наблюдаемых эффектов гистограммы результатов измерений МФ в растворах АК и ДХФИФ. Опыты проводили в трех вариантах: "контроль" – раствор АК в защищенном от света стакане на лабораторном столе; "сталь" – стакан с раствором АК в трехслойном кубическом стальном экране, каждый слой толщиной 1 см; "алюминий" – такой же по форме экран из дюралюминия. Из растворов АК с 30-секундным интервалом отбирали равные порции (по 0,1 мл), смешивали в кювете фотоэлектрокалориметра с 4 мл раствора ДХФИФ и измеряли скорость их реакции так, как это описано ранее /15, 68/. Каждая гистограмма – спектр реализуемых состояний – построена по 100 измерениям. Стальной и алюминиевый экраны сдвигают гистограммы влево, причем алюминиевый экран влияет сильнее, чем стальной. На рис. 8 гистограмма для стального экрана не приведена.

Самый общий результат экранирования исследуемых растворов в этих опытах – сдвиг гистограмм влево – был хорошо воспроизводим. Однако бывают опыты, где экраны почти не изменяют форму и положение спектров состояний, реализуемых в ходе МФ в растворах.

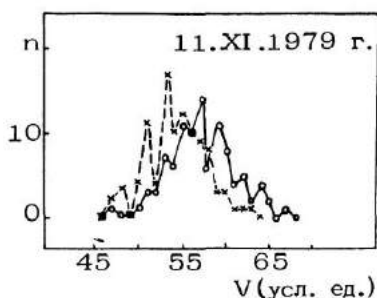
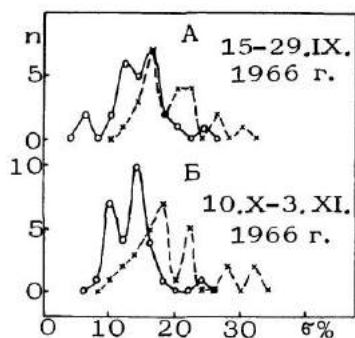


Рис. 7. Гистограммы среднеквадратичных амплитуд $\sigma\%$ флуктуаций титра SH-групп в растворах актомиозина в пробирках, помещенных в стакан с ватой ($\circ-\circ-\circ$ -А и Б), в чугунный экран ($-x---x$ -А) и в стакан с водой ($-x---x$ -Б) соответствующих размеров

Рис. 8. Изменение формы и положения гистограммы скоростей реакции АК+ДХФИФ при помещении раствора АК в алюминиевый экран: ($\circ-\circ-\circ$) - контроль, ($-x---x$) - опыт

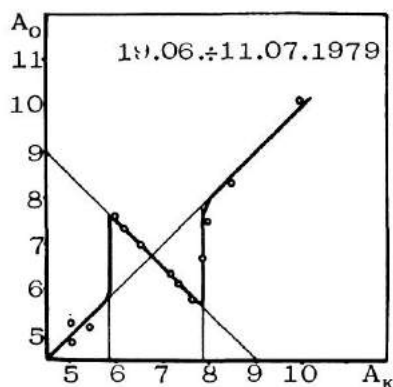
Оказалось, что величина и даже направление влияния экранов зависят от характерной для времени проведения опыта амплитуды МФ. Ранее мы отмечали, что амплитуда МФ и форма спектра реализуемых состояний изменяются во времени (на протяжении суток, месяцев, лет) /24/. При некоторых величинах амплитуды флуктуаций и формы соответствующих гистограмм экраны не влияют на результаты измерений, при других - влияют, при третьих может произойти изменение знака эффекта на противоположный.

Наиболее ярко эти закономерности проявились в опытах на креатинкиназе в июне-июле 1979 г. с использованием трехслойных стальных экранов.

На рис. 9 изображена зависимость эффектов экранировки от "исходной" амплитуды МФ в контроле /31/.

Видно, что пока амплитуда флуктуаций не приблизится к 5,8%, экран не оказывает влияния на исследуемый процесс. В районе величины $\sigma\%$ в контроле 5,8% под влиянием экранирования раствора креатинкиназы наблюдается резкое увеличение амплитуды макроскопических флуктуаций с 5,8 до 7,8%. Однако, когда амплитуда флуктуаций в контроле превышает 5,8%, действие экрана пропорционально ослабевает, и при амплитуде в контроле 6,8% знак влияния экрана изменяется на противоположный: теперь экран уменьшает амплитуду флуктуаций. Так продолжается до амплитуды в контроле 7,8%, когда экран вновь перестает влиять на амплитуду МФ. Эта сложная в словесном описании картина весьма четко выглядит на корреляционной диаграмме. На рис. 9 на-

Рис. 9. Корреляционная диаграмма амплитуд макроскопических флуктуаций ферментативной активности креатинкиназы в контроле — A_K и в опыте со стальным экраном — A_0 . Опыты 19 июня–11 июля 1979 г.



блюдается почти идеальная N -образная зависимость величины влияния экрана на амплитуду МФ от амплитуды флуктуаций в контроле. Точки, полученные в отдельных опытах, весьма хорошо ложатся на N -образный график. В интервале амплитуд контроля 5,8–7,8% уменьшение влияния экрана характеризуется прямой, наклоненной точно под углом 45° к оси абсцисс. Величины амплитуд 5,8 и 7,8%, в самом деле, особые. Им соответствуют резкие экстремумы в спектре амплитуд флуктуаций [31]. Таким образом, в этих опытах стальной экран изменял амплитуду МФ в узком, резко очерченном интервале состояний системы. Физическая природа этого "резонанса" нам не известна.

В целом из многолетних исследований изменений при экранировании характеристик МФ в водных растворах белков и других веществ следует, что наблюдаемые эффекты, по-видимому, не обусловлены электромагнитными полями; нет соответствующей зависимости от материала экранов.

3.5. "Эффект места". В ходе исследований эффектов различных воздействий на амплитуду флуктуаций и форму соответствующих гистограмм неоднократно отмечалось устойчивое различие этих характеристик МФ при измерениях в разных местах лабораторного помещения. Устойчивые воспроизводимые различия формы гистограмм наблюдались в многодневных опытах при помещении сосудов с соответствующими растворами на разные места одного и того же лабораторного стола, при расстоянии между сосудами около 30–40 см. Эти "эффекты места" не исчезали при экранировании сосудов стальными, заземленными экранами и не изменялись в зависимости от расположения в лабораторном помещении магнитов, трансформаторного железа, нагревательных приборов. Учет "эффекта места" — локальной неоднородности факторов, определяющих параметры МФ, — оказывается обязательным в опытах с экранами, светом и т. п., когда наблюдаемые различия, например в форме гистограмм, могут быть ошибочно интерпретированы. Избежать эти ошибки можно, попеременно меняя местами "контроль" и "опыт".

В контексте этой книги существенно, что "эффект места" — различия в форме гистограмм измерений образцов, стоящих на од-

ном лабораторном столе, сочетается с совпадением формы гистограмм результатов измерений МФ разных процессов на расстояниях порядка сотен и тысяч километров /34/. Этот кажущийся парадокс разрешается, по-видимому, тем, что число "локальных вариантов" формы гистограмм мало – всего три-четыре. Поэтому достаточно велика вероятность того, что на больших расстояниях исследуемые объекты оказываются на одинаковых локальных вариантах формы гистограмм.

Детальное описание "эффекта места" предполагается дать в специальной публикации. Ее материал будет основан на многолетней серии ежедневных измерений скорости реакции АК+ДХФИФ на пяти различных местах.

4. КОСМОФИЗИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯЦИИ ПАРАМЕТРОВ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ В РАЗНЫХ ПРОЦЕССАХ

Основной анализируемый нами феномен – сходство формы гистограмм результатов измерений хода во времени процессов разной природы – от биохимических реакций до интенсивности радиоактивного распада – может быть объяснен лишь существованием внешних по отношению к этим процессам факторов весьма общего свойства /23/. Синхронные в разных процессах, даже при больших расстояниях между исследуемыми объектами, изменения формы гистограмм – спектров реализуемых состояний – свидетельствуют, таким образом, об изменениях самих этих факторов. В практических ежедневных опытах на протяжении многих лет получены последовательные ряды гистограмм, форма которых, в силу сказанного, отражает характер изменения этих внешних факторов. В работах /23, 24/ приведены иллюстрации последовательных изменений формы гистограмм, построенных по измерениям с разными временными интервалами – от 0,01 с до нескольких лет. Более детальный количественный анализ временных закономерностей изменения формы гистограмм требует дальнейшей разработки соответствующих методов.

Существенно проще анализировать изменения другого параметра МФ – их относительную среднеквадратичную амплитуду $\mathcal{E}\%$.

4.1. Корреляции изменений амплитуды макроскопических флуктуаций с изменениями солнечной активности. На протяжении многих лет в ежедневных опытах с растворами белков и других веществ мы получали, несмотря на строгое соблюдение принципа "прочих равных условий", для одного и того же процесса разные величины относительной амплитуды $\mathcal{E}\%$ "разброса результатов" измерений. (Относительная амплитуда $\mathcal{E}\%$ вычислялась как отношение среднеквадратичного отклонения $\mathcal{E}$ к среднему значению измеряемой величины, выраженное в процентах). При усреднении всех величин $\mathcal{E}\%$ во всех опытах за данный год мы получали среднегодовую характеристику амплитуды МФ $\mathcal{E}\%$. Оказалось, что для биохимических и химических процессов среднегодовые

значения $\zeta\%$ МФ изменяются противофазно характеристике солнечной активности – сглаженным среднемесячным величинам чисел Вольфа W (т. е. количеству солнечных пятен) /19, 21, 22/. Эта противофазность видна на рис. 10. В годы с высокой солнечной активностью средняя амплитуда МФ была низкой и, наоборот, в годы низкой солнечной активности наблюдался весьма большой “разброс результатов” измерений скоростей биохимических и химических процессов. Из известных нам космофизических процессов в такой же зеркальной противофазности к солнечной активности находится интенсивность потока нейтронной компоненты галактических космических лучей /32/.

На рис. 11 представлена корреляция амплитуды МФ и солнечной активности в более крупном масштабе; среднемесячные значения $\zeta\%$ для всех опытов за период с апреля 1976 г. по июнь 1984 г. сопоставлены со сглаженными среднемесячными значениями чисел Вольфа. Обращает на себя внимание не только очевидная зеркальная корреляция этих величин, но и то, что на подъеме (1978–1979 гг.) и на спаде (1984–1985 гг.) солнечной активности резко возрастает разброс среднемесячных значений амплитуд, в то время как в минимуме и максимуме солнечной активнос-

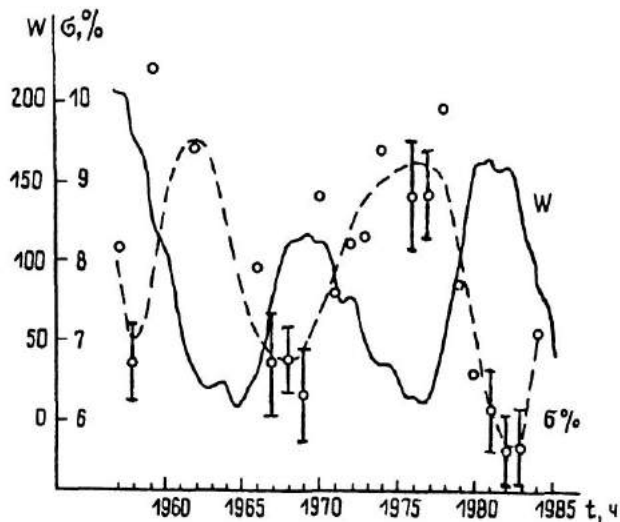


Рис. 10. Сопоставление изменений амплитуды макроскопических флуктуаций ($\zeta\%$) с ходом солнечной активности: (o) – среднегодовые значения $\zeta\%$, (---) их наилучшая аппроксимация полиномом по методу наименьших квадратов, (—) среднемесячные сглаженные значения чисел Вольфа W . Отмеченные 95%-ные доверительные интервалы для среднегодовых значений $\zeta\%$ МФ показывают, что значения $\zeta\%$ в годы максимумов и минимумов солнечной активности достоверно различаются

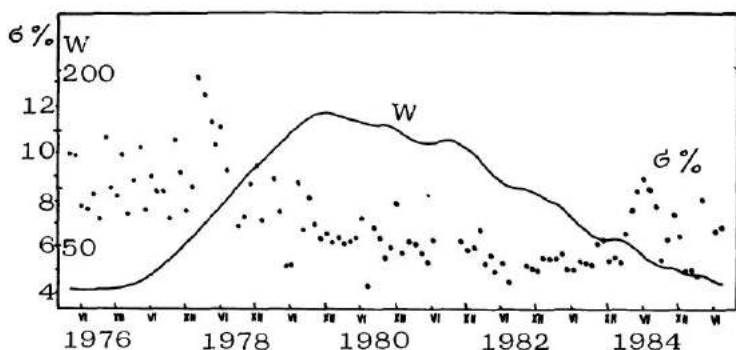


Рис. 11. Сопоставление среднемесячных значений амплитуды макроскопических флуктуаций $\delta\%$ (•) с числами Вольфа (—).

ти разброс среднемесячных значений $\delta\%$ небольшой. Кроме того, можно отметить "запаздывание" минимума $\delta\%$ по отношению к максимуму чисел Вольфа.

При еще более детальном ежедневном сопоставлении $\delta\%$ с несглаженными числами Вольфа картина усложняется. В разные периоды достоверная по статистическим оценкам корреляция имеет разный знак. Это обстоятельство, возможно, свидетельствует о существовании сложной нелинейной связи между МФ и солнечной активностью [79].

Так или иначе из этих данных следует наличие корреляции МФ с солнечной активностью. Поскольку, как известно, влияние солнечной активности опосредовано изменениями межпланетного магнитного и геомагнитного полей, ионосферы, изменениями корпускулярных потоков, мы провели соответствующие сопоставления.

4.2. Корреляции амплитуды макроскопических флуктуаций с космогеофизическими характеристиками. Поиск периодичностей. Геомагнитное поле Земли испытывает вариации, которые характеризуются индексами геомагнитной активности. При сравнении среднегодовых амплитуд скоростей различных реакций за 1957–1984 гг. с индексом геомагнитной активности A_p не было обнаружено достоверных корреляций. В то же время в отдельные годы наблюдались довольно тесные корреляции среднемесячных значений A_p и $\delta\%$. На рис. 12 представлено сопоставление среднемесячных значений A_p -индекса и амплитуды МФ в различных процессах. Поскольку изменения величины A_p -индекса отстают от изменений $\delta\%$, на этом рисунке соответствующие кривые сдвинуты друг относительно друга на три месяца. Отсюда ясно, что изменения геомагнитного поля не могут быть причиной изменений $\delta\%$. В то же время весьма трудно представить себе, что обе характеристики так зависят от общей причины, что изменения $\delta\%$ более "оперативны", а изменения A_p -индекса на три месяца "за-

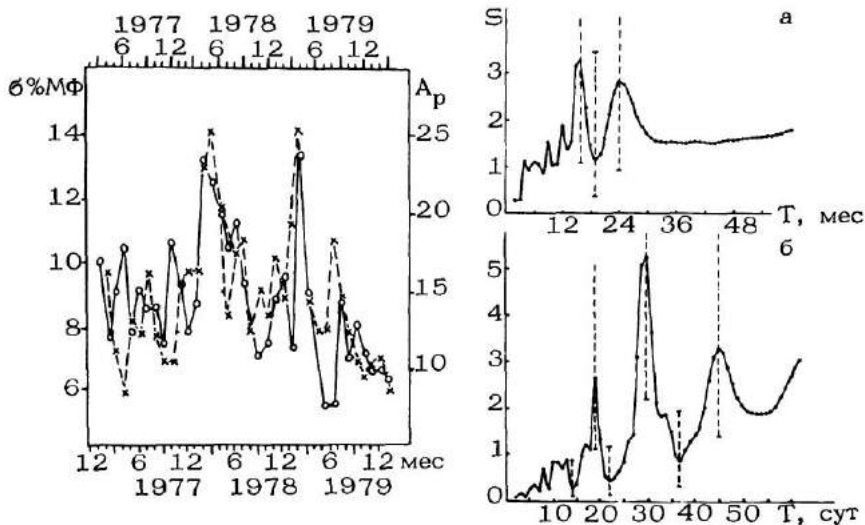


Рис. 12. Сопоставление среднемесячных значений амплитуды макроскопических флуктуаций $\delta\%$ (—○—○—) со среднемесячными значениями A_p -индекса геомагнитной активности (—x—x—). График значений A_p -индекса "сдвинут" на три месяца влево относительно графика значений $\delta\%$

Рис. 13. Спектральные плотности мощности: а - среднемесячных значений $\delta\%$ МФ (1962-1985 гг.); б - ежедневных значений $\delta\%$ МФ (1981-1985 гг.). По оси абсцисс - периоды: а - в месяцах, б - в сутках. Отмечены 95%-е доверительные интервалы

паздывают" относительно $\delta\%$. Возможно, что наблюдаемое на рис. 12 сходство формы двух кривых обусловлено годичной периодичностью, хорошо известной для A_p -индекса [32, 33]. Тогда можно допустить, что и для изменений $\delta\%$ существует годичная периодичность, но соответствующие максимумы двух независимых характеристик не совпадают. В связи с этим был проведен поиск скрытых периодичностей в ряду среднемесячных значений $\delta\%$.

По данным 1966-1980 гг. были выявлены достоверные (с доверительной вероятностью 90%) периоды, равные 1, ~2 и ~4 года [21]. Однако более поздние исследования ряда среднемесячных значений $\delta\%$ по опытам 1966-1985 гг. с биохимическими и химической реакциями не подтвердили этот результат. Приведенная на рис. 13,а спектральная плотность мощности [34] соответствующего временного ряда среднемесячных значений $\delta\%$ имеет максимумы, соответствующие периодам 16 и 24 месяца. Отмеченные на рисунке 95%-е доверительные интервалы показывают, что эти периоды не достоверны.

Анализ скрытых периодичностей был проведен также для ряда ежедневных значений $\sigma\%$ МФ по данным 1981-1985 гг. Представленная на рис. 13,б спектральная плотность мощности этого ряда имеет достоверный (доверительная вероятность 95%) максимум ~ 30 дней.

На протяжении года амплитуда МФ $\sigma\%$ может изменяться весьма сложным образом. Так, на рис. 14 представлены ежедневные значения $\sigma\%$ для реакции аскорбиновой кислоты (АК) с дихлорфенолиндифенолом (ДХФИФ) за 1984 г. (за исключением выходных дней и отпуска). Они даны в сопоставлении со сглаженными изменениями характеристики ионосферного слоя F_2 . В качестве этой характеристики выбрана разность максимального и минимального в данные сутки значений критической частоты слоя: $\Delta f_0 = \max f_0 - \min f_0$. Поскольку по значению критической частоты слоя можно однозначно определить электронную плотность, $\Delta f_0 F_2$ характеризует суточную изменчивость электронной плотности слоя F_2 .

На рис. 14 видно, как относительно небольшая амплитуда флуктуаций $\sigma\%$ с начала года резко (в два раза) увеличилась 23 марта и вновь уменьшилась в конце августа. Кратковременное увеличение $\sigma\%$ видно также в ноябре. Оказалось, что периоды возрастания амплитуды МФ соответствуют периодам уменьшения суточной изменчивости электронной плотности слоя F_2 . Поскольку в ионосфере протекают процессы, сопутствующие солнечной активности, а сама ионосфера играет важную роль во многих

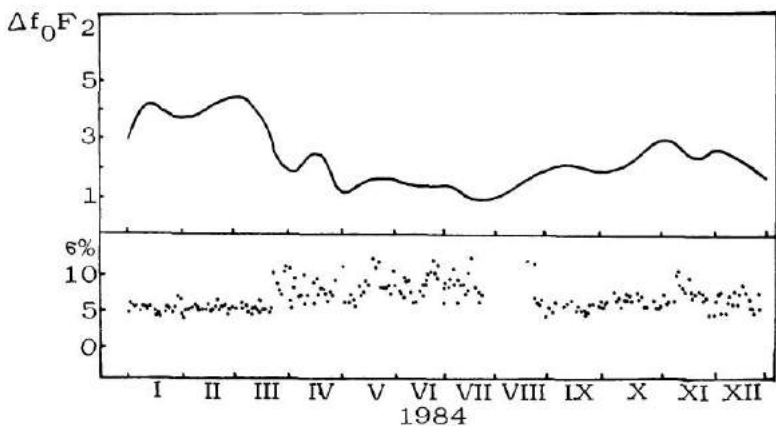


Рис. 14. Сопоставление ежедневных значений амплитуды макроскопических флуктуаций $\sigma\%$ (•) с изменениями критических частот ионосферного слоя F_2 . $\Delta f_0 F_2$ (—) — сглаженная разность максимальной и минимальной за сутки критической частоты слоя F_2

электромагнитных процессах, рис. 14, возможно, свидетельствует о связи МФ с электромагнитными проявлениями солнечной активности на поверхности Земли.

Нами были исследованы корреляции ежедневных значений $\sigma\%$ с рядом других космофизических характеристик: ежедневными значениями чисел Вольфа, A_p -индексами, числом солнечных вспышек, суммарной площадью пятен на Солнце и интенсивностью радиоизлучения Солнца на частоте 2800 МГц. Ни с одним из этих показателей не было выявлено достоверных связей.

4.3. Изменение амплитуды макроскопических флуктуаций и секторная структура межпланетного магнитного поля. Характерным проявлением солнечной деятельности является корпускулярное излучение Солнца, образующее так называемый солнечный ветер /35/. Существенной компонентой солнечного ветра является магнитное поле, "вытягиваемое" из короны Солнца при ее расширении. Межпланетное магнитное поле (ММП) в районе Земли как правило имеет устойчивое направление, которое сохраняется в течение нескольких дней. Области межпланетного пространства, где поле имеет преимущественно одно направление, называются секторами ММП. Направление силовых линий от Солнца обозначается "+", а к Солнцу "-". Секторная структура ММП является отражением аналогичной структуры магнитных полей на Солнце, измеряемых с помощью солнечных телескопов. Мы исследовали корреляцию изменений $\sigma\%$ МФ со сменой знака секторов ММП.

Из всех опытов 1976-1984 гг. были выбраны периоды, в которых знак сектора сохранялся не менее 4 дней до и 4 дней после смены знака сектора /36/. Таких периодов за это время оказалось всего 24 для границы "-/+" и 25 для границы "+/-". Перед суммированием методом наложенных эпох из каждого значения $\sigma\%$ вычитали соответствующее среднее по строке значение $\bar{\sigma}\%$ и получали отклонение $\Delta\sigma\%$. На рис. 15,а представлены усредненные отклонения $\Delta\sigma\%$ для каждой из секторных границ. Видно, что изменения $\Delta\sigma\%$ опережают на двое суток изменения знака сектора ММП. При этом "поведение" отклонений $\Delta\sigma\%$ зеркально противоположно для разных границ секторов. Амплитуда МФ резко уменьшается за два дня до смены знака ММП с "-" на "+", а затем увеличивается выше среднего уровня, и наоборот, при смене знака ММП с "+" на "-" за два дня до этого амплитуда МФ резко увеличивается, а затем падает ниже среднего уровня. Различия между экстремумами на каждой кривой достоверны с доверительной вероятностью 95% (оценка проводилась по /37, 38/).

На рис. 15 /22/ представлена другая зависимость амплитуды МФ от смены знака ММП: выявлено уменьшение амплитуды МФ накануне смены знака сектора ММП. Такое различие в "эффектах" объясняется разными исходными данными, использованными при суммировании методом наложенных эпох. Выборка данных для

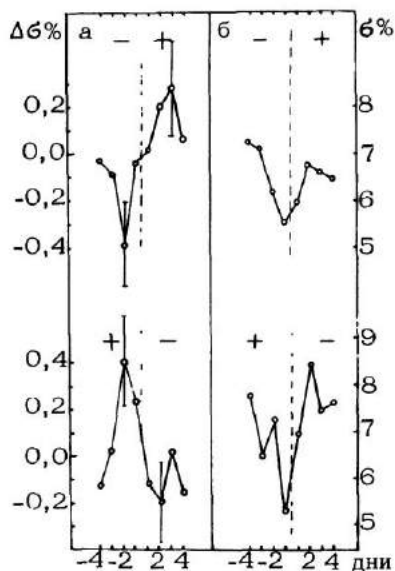


Рис. 15. Изменение амплитуды макроскопических флуктуаций $\delta\%$ в дни смены знака сектора межпланетного магнитного поля (суммирование методом наложенных эпох): а - отклонения $\delta\%$ от среднего значения $\delta\%$ за соответствующие дни (данные 1976-1984 гг.), отмеченные 95%-е доверительные интервалы; б - значения амплитуды МФ в соответствующие дни /22/ (данные по годам с высокой солнечной активностью: 1957-1958, 1968-1973, 1979-1981 гг.)

рис. 15,а проводилась равномерно по всем годам с 1976 по 1984. Как уже было отмечено, значения $\delta\%$ МФ в разные годы сильно отличаются: в годы высокой солнечной активности амплитуда МФ в среднем в 1,5 раза ниже, чем в годы низкой. Это привело к необходимости при вычислениях осуществлять нормировку значений $\delta\%$ МФ. На рис. 15,б /22/ приведен график, данные для которого выбирались только в периоды высокой солнечной активности (1957-1958, 1968-1973, 1979-1981 гг.). Амплитуда МФ в эти периоды как правило была мала, значения $\delta\%$ в разные дни и месяцы были сопоставимы и нормировки $\delta\%$ не требовалось. Представленное на рис. 15,б уменьшение амплитуды МФ накануне смены знака сектора ММП (для обоих типов границ) и отличие этого эффекта от представленного на рис. 15,а показывают, что связь МФ с секторной структурой ММП существует, но она неодинакова в разные периоды цикла солнечной активности.

5. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ И ДИХЛОРФЕНОЛИНДОФЕНОЛА 30 ИЮЛЯ-1 АВГУСТА 1981 г. В СВЯЗИ С СОЛНЕЧНЫМ ЗАТМЕНИЕМ 31 ИЮЛЯ 1981 г.

До сих пор мы рассматривали временной ход и корреляционные связи параметров макроскопических флуктуаций на интервалах времени от нескольких лет до нескольких дней. Поскольку для любых земных процессов зависимость от смены дня и ночи, заходов и восходов солнца кажется естественной, мы исследовали изменение параметров макроскопических флуктуаций в разное время суток.

В качестве индикаторного процесса мы выбрали реакцию аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндоцеолом /16/. Скорость реак-

ции АК и ДХФИФ можно измерять в многосуточных опытах посредством автоматических устройств.

Далее приведены результаты таких измерений в разных географических пунктах, выполненные в период с 30 июля по 1 августа 1981 г. в связи с солнечным затмением 31 июля 1981 г. В этих опытах в течение трех суток, 30 и 31 июля, 1 августа 1981 г., в 12 географических пунктах были проведены измерения скорости реакции АК и ДХФИФ. Измерения проводили посредством автоматических установок системы приборов лабораторной автоматики "СПЛАВ" конструкции С.И.Бородина /39/*. Наиболее полные трехсуточные измерения были проведены в 9 географических пунктах: о.Сахалин, оз.Байкал, Братск, Томск, Самарканд, Сев. Кавказ, Пушкино, Белое море, Атлантический океан (см. табл. 1). Кроме того, измерения, преимущественно в часы солнечного затмения, были проведены в Москве, Красноярске и самолете-лаборатории ИЛ-18 в районе г. Братска. Всего за период с 30 июля по 1 августа 1981 г. было проведено около 90000 измерений скорости реакции АК+ДХФИФ.

На рис. 16 представлена карта, на которой изображены все пункты, расположенные на территории нашей страны, и отмечена полоса полного солнечного затмения 31.08.81 г.



Рис. 16. Географические пункты, в которых проводились эксперименты 30.07-1.08.81 г. и полосы полного солнечного затмения: 1-Пушино, 2-ББС (Беломорская биостанция МГУ), 3-Северный Кавказ, 4-Самарканд, 5-Томск, 6-Братск, 7- оз. Байкал (Нижнеангарск), 8-о. Сахалин (Александровск-Сахалинский)

* Мы благодарны С.И.Бородину за помощь и консультации, В.П.Горину и другим сотрудникам опытного производства ИБФ АН СССР за изготовление этих приборов.

Географические пункты проведения измерений скорости реакции

№	Название	Исследователи
1.	ББС (Беломорская биост. МГУ)	Е.В.Григоренко и студенты IV курса физфака МГУ
2.	Пушино (ИБФ АН СССР)	С.Э.Шнюль, Л.М.Овчинникова, Т.С.Малова, М.К.Хажулина, Н.Н.Торбина, Т.В.Перевертун
3.	Сев. Кавказ (ст. Серноводская)	В.А.Коломбет
4.	Самарканд	А.Н.Заикин, Л.Л.Алиевская, М.Ф.Чаплий
5.	Томск	Л.П.Агулова, А.М.Опалинская, Н.В.Удальцова, С.Н.Удальцов
6.	Братск	Г.В.Шильников, Т.Я.Брицина, Н.П.Иванова
7.	оз. Байкал (г. Нижнеангарск)	Н.Н.Петропавлов, Р.А.Крымская, Г.В.Ивайкин
8.	Сахалин (Александровск-Сахалинский)	В.Н.Морозов, Т.Я.Морозова, З.И.Вишневская
9.	Атлантический океан (НИС "Академик Мстислав Келдыш")	Ш.И.Барилко, Е.И.Потылицына

5.1. Методы и условия измерений. Измеряли скорость реакции АК с ДХФИФ по уменьшению оптической плотности в смеси реагентов во времени. 2,0 мл раствора АК 0,03 мг/мл и гипосульфита 0,03 мг/мл на фосфатном буфере 0,005 М рН=7,0 смешивали в кювете фотоэлектроколориметра (ФЭК-М) с 2,0 мл раствора

Время (летнее московское), ч, мин			Поправка на местное время (гео- граф.), мин	Интервал между из- мерения- ми, с	Шифры в банке данных на магн. лентах
восход	заход	максимум затмения			
4.36	23.27	6,52	-16	30,6	300781081-090 310781081-090 010881081-090
5.37	21.35	6.35	0	31,0	300781061-070 310781061-070 010881061-070
5.48	20.23	6,17	36	31,8	300781041-049 310781041-050 010881041-049
4.30	18.46	6.13	120	31,0	300781051-060 310781051-060 010881051-060
2.11	18.25	6.45	192	31,0	300781011-020 310781011-020 010881011-020
1.13	17.25	6.59	260	33	300781021-029 310781021-029 010881021-029
0.45	16.43	7.09	288	30,6	300781071-080 310781071-080 010881071-080
9.00	23.16	-	420	30,0	300781001-010 310781001-010 010881001-010
9.00	23.16	-	-150	30,0	300781901-910 310781901-910 010881901-910

ДХФИФ 0,03 мг/мл, содержащего 1% этанола. Отмеривание этих растворов, смешивание реагентов, отсос прореагировавшей смеси производили посредством системы "СПЛАВ". Эта же система отмеривала необходимые интервалы времени и включала регистрацию измерений оптической плотности посредством усилителя И-37 и

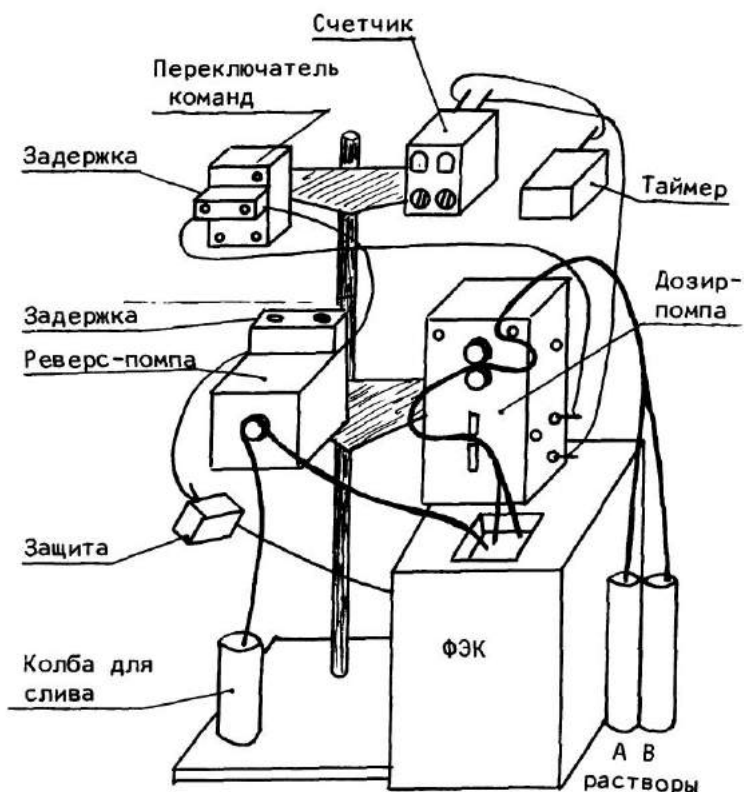


Рис. 17. Схема установки для автоматической регистрации скорости реакции АК и ДХФИФ на базе системы "СПЛАВ"

самописца Н-37. На рис. 17 представлена схема экспериментальной установки на базе системы "СПЛАВ".

На рис. 18 представлена фотокопия ленты самописца Н-37 с записью изменений во времени оптической плотности ДХФИФ при реакции с АК и иллюстрацией метода промера скорости реакции.

В измерениях Ш.И.Барилко и Е.Н.Потылицыной на научно-исследовательском судне (НИС) "Мстислав Келдыш" сигнал от ФЭКа поступал сразу в ЭВМ, вычислявшую скорость реакции в данной пробе.

В измерениях Г.И.Задонского и сотрудников раствор АК добавляли автоматической пипеткой, раствор ДХФИФ посредством "дилютера" КВ 2075, а запись хода процесса после ФЭКа осуществляли самописцем "В и К" тип 2307 (фирма Брюльи и Кьер).

На рис. 19 приведен образец записи хода реакции АК и ДХФИФ в опытах Г.И.Задонского и сотрудников. В этих опытах отчетливо

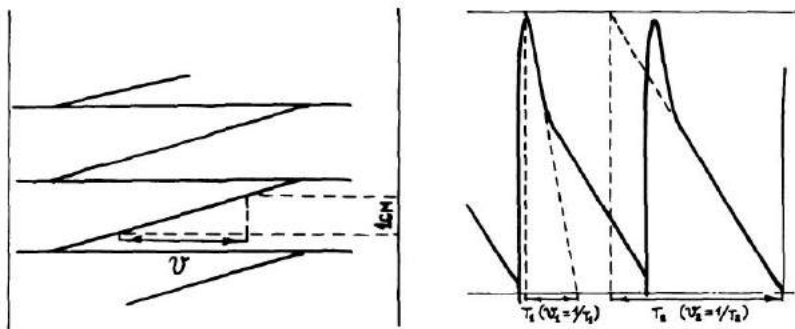


Рис. 18. Схема фрагмента ленты самописца Н-37 с записью изменения оптической плотности и иллюстрацией метода измерения скорости реакции V

Рис. 19. Схема фрагмента ленты самописца в опытах Г.И.Задонского с записью изменений оптической плотности и иллюстрацией метода измерений скорости двух этапов реакции АК с ДХФИФ: $V_1 = 1/T_1$ и $V_2 = 1/T_2$

регистрировали две скорости реакции АК и ДХФИФ – сначала (V_1) высокую, затем (V_2) низкую. Измеряли обе эти скорости. Ленты самописцев промеряли вручную. Результаты промеров – характеристики скорости реакции вводили в банк данных на ЭВМ ЕС 1040 /40/.

Измерение производили с одним и тем же интервалом времени. В разных географических пунктах эти величины были несколько различными: от 30 до 33 с. За сутки осуществляли по 2700–2900 измерений.

5.2. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ в разных географических пунктах 30.VII–1.VIII 1981 г. Представление об изменениях скорости реакции и амплитуды МФ в исследуемом процессе в разных географических пунктах дают рис. 20–27. Эти рисунки сделаны посредством графопостроителя ЭВМ ЕС 1040. Предварительно результаты отдельных измерений выражены в процентах к среднеарифметической величине скорости реакции за весь трехсуточный период. При этом для некоторых экспериментальных рядов (ББС, Пушкино, Кавказ, Байкал) учтены и скорректированы различия, обусловленные возможной неодинаковостью концентраций реагентов в разных партиях растворов, и медленные монотонные изменения среднего уровня (тренды), предположительно обусловленные изменениями растворов в ходе длительных опытов. Для иллюстрации проведенной корректировки можно сравнить рис. 26 с рис. 28, где приведены результаты трехсуточных измерений на оз. Байкал без какой-либо нормировки с указанием моментов смены растворов и хода “растворного тренда”.

На рис. 20–27 видны как быстрые и крупноамплитудные “воз-

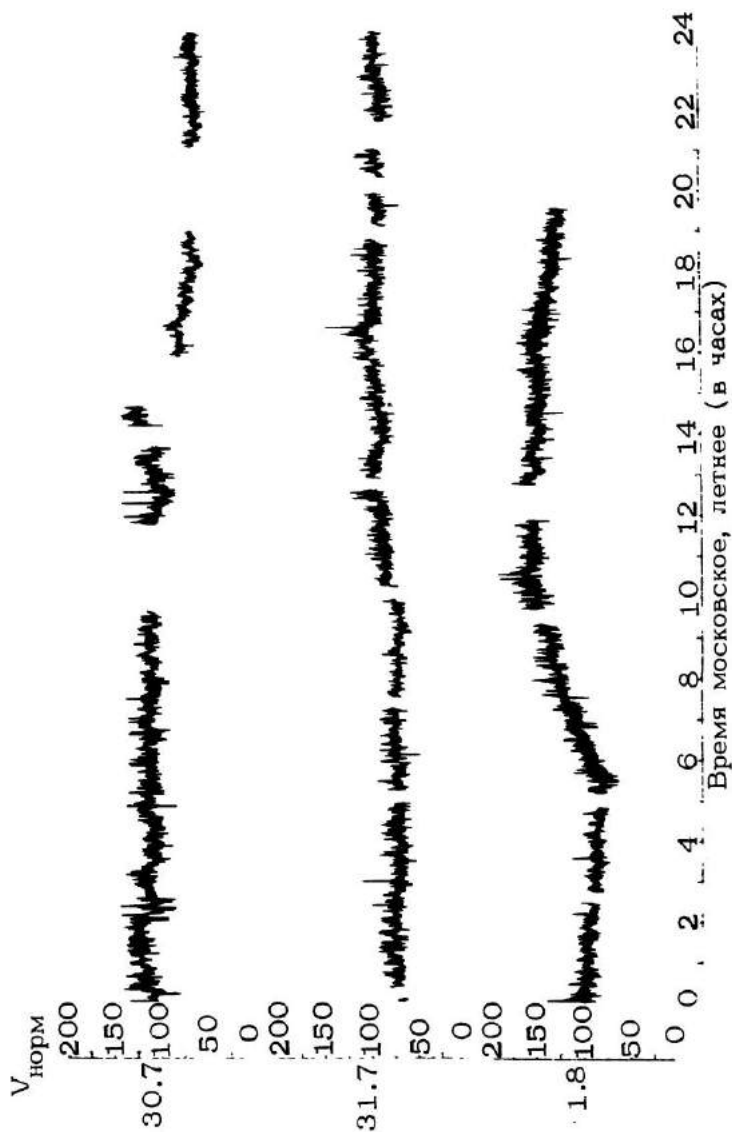


Рис. 20. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ на БЭС МГУ 30 июля-1 августа 1981 г. Интервал измерений 30 с. Разрывы в графике означают отсутствие измерений по техническим причинам

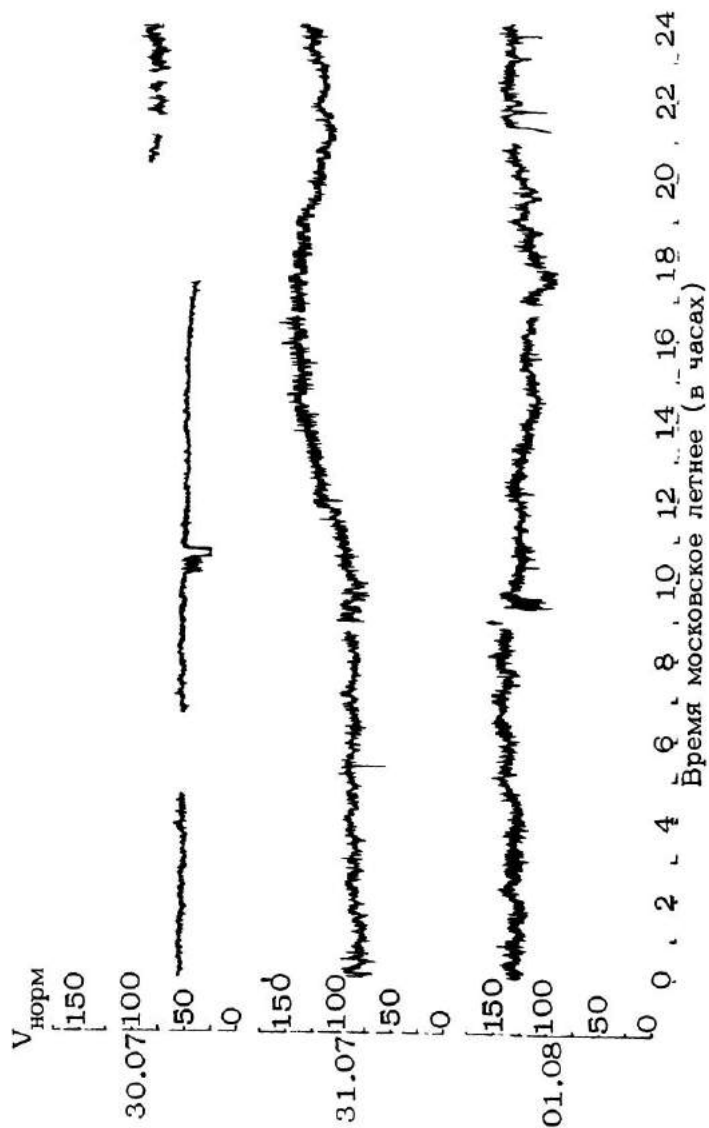


Рис. 21. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. в Пушкине

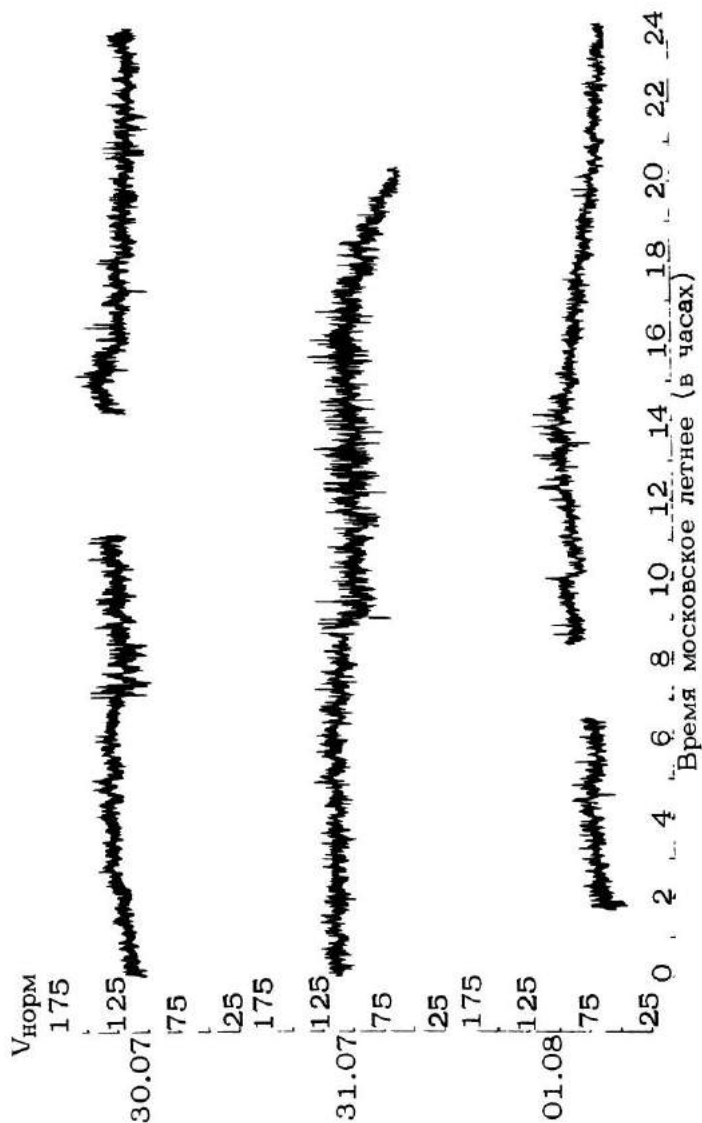


Рис. 22. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. на Северном Кавказе

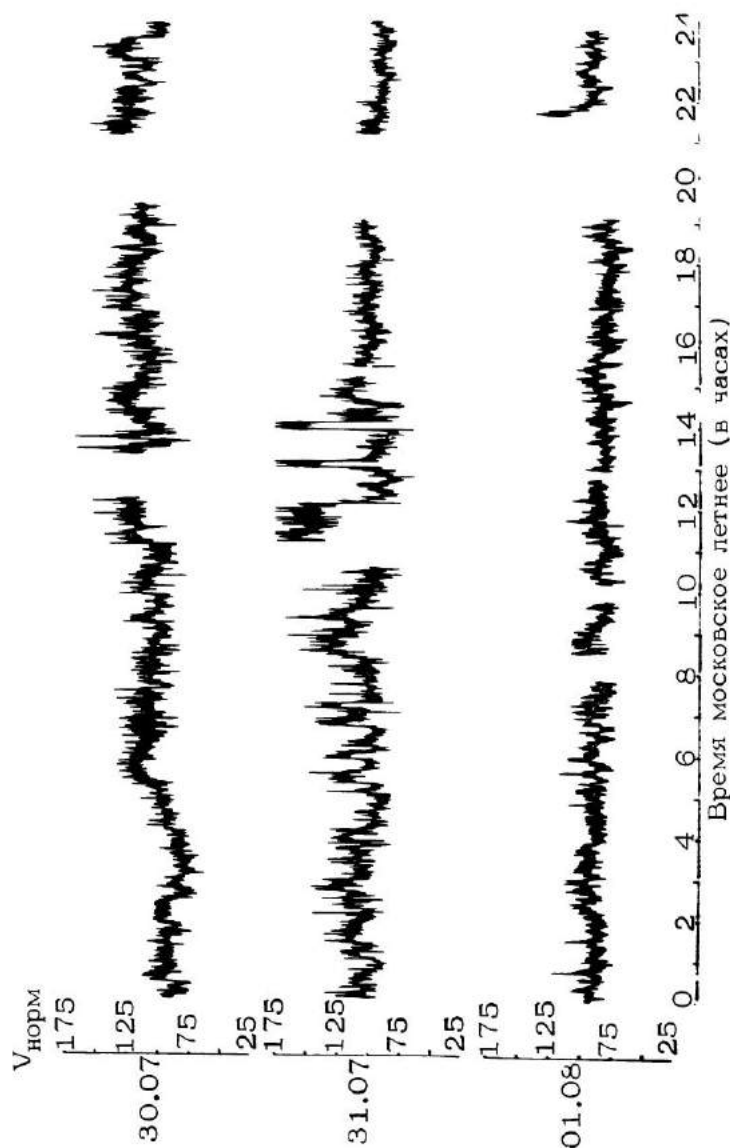


Рис. 23. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. в Самарканде

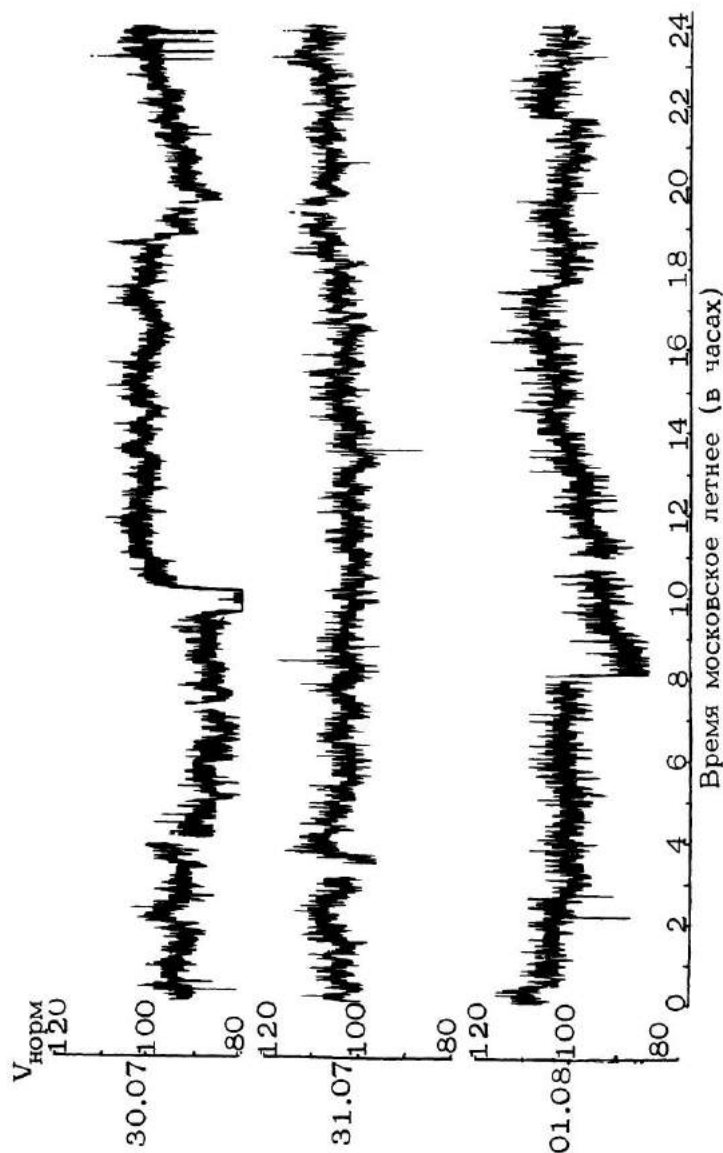


Рис. 24. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. в Томске

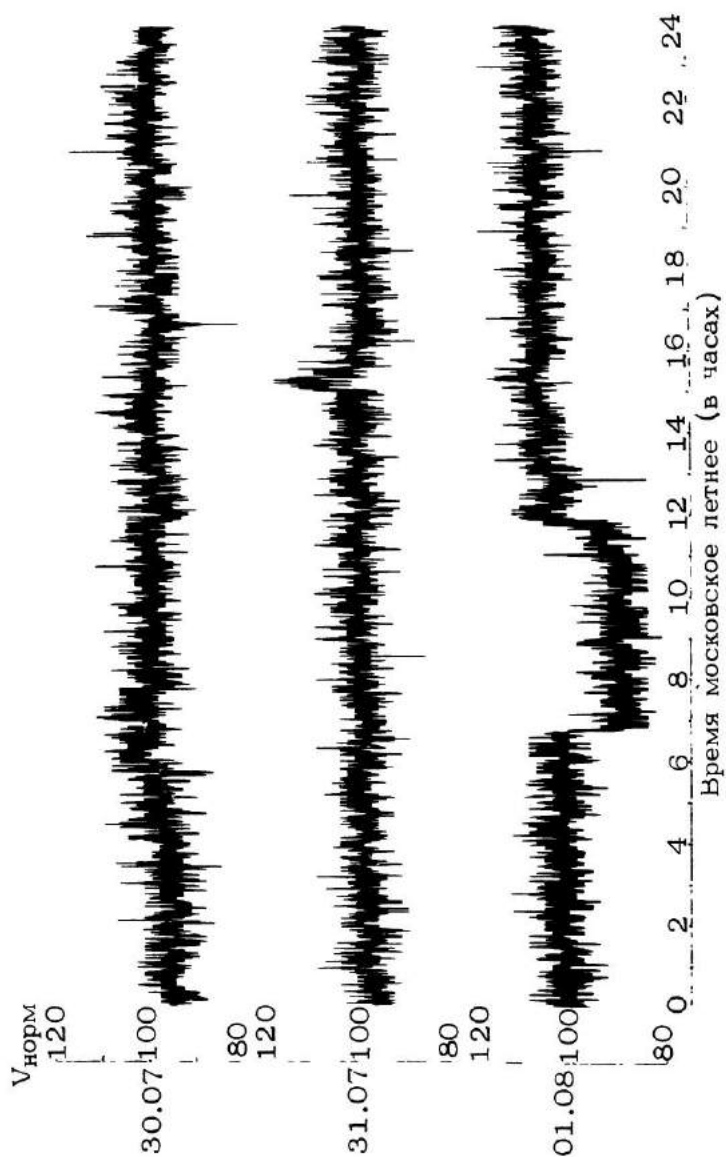


Рис. 25. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. в Братске

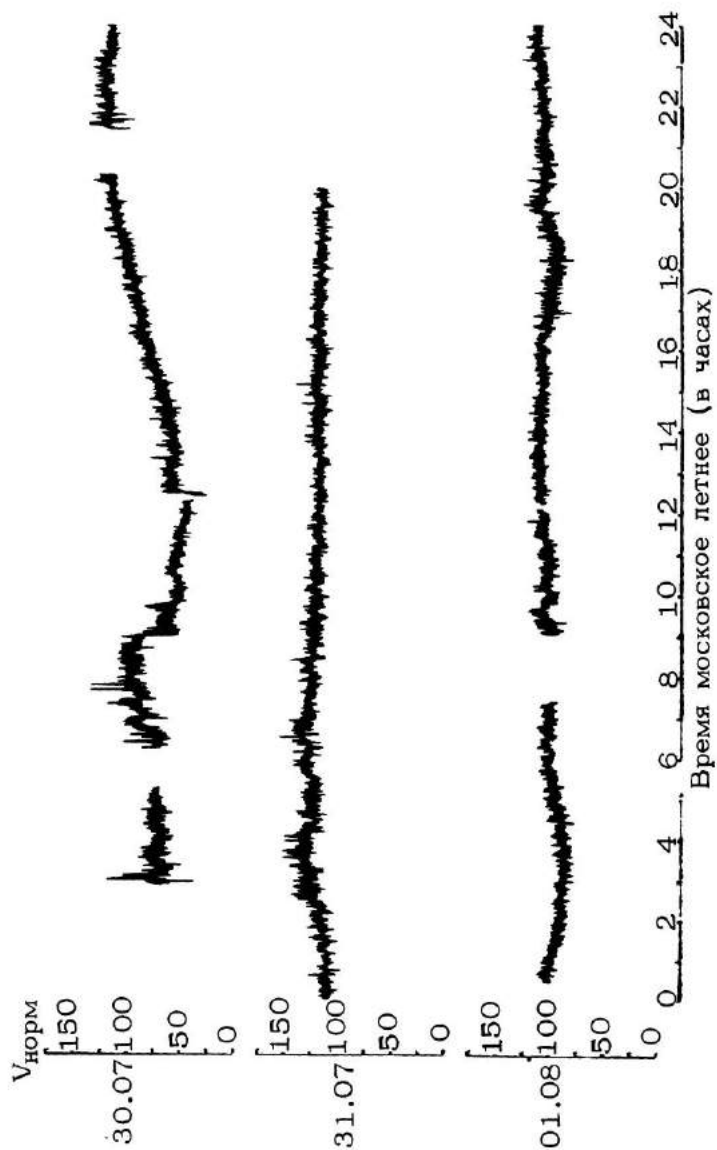


Рис. 26. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. в Нижнеангарске (на оз. Байкал)

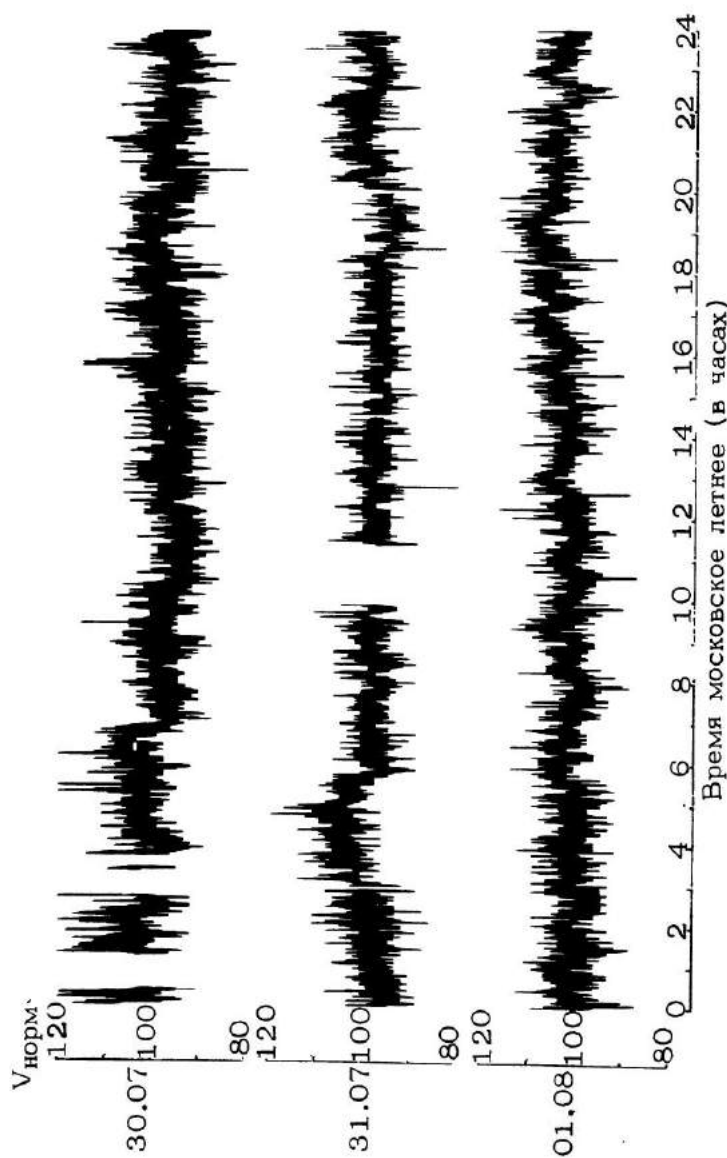


Рис. 27. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. в Александровске-Сахалинском

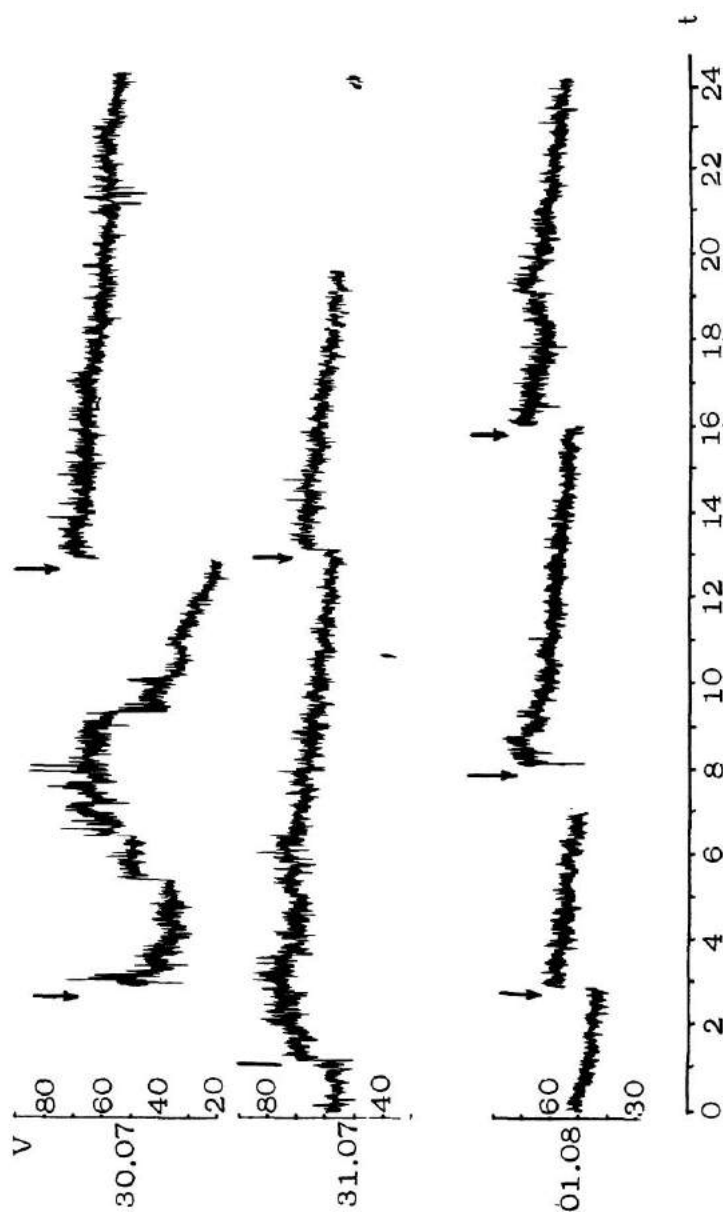


Рис. 28. Результаты измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30 июля-1 августа 1981 г. в Нижнеангарске без предварительной нормировки. Стрелками указаны моменты смены растворов

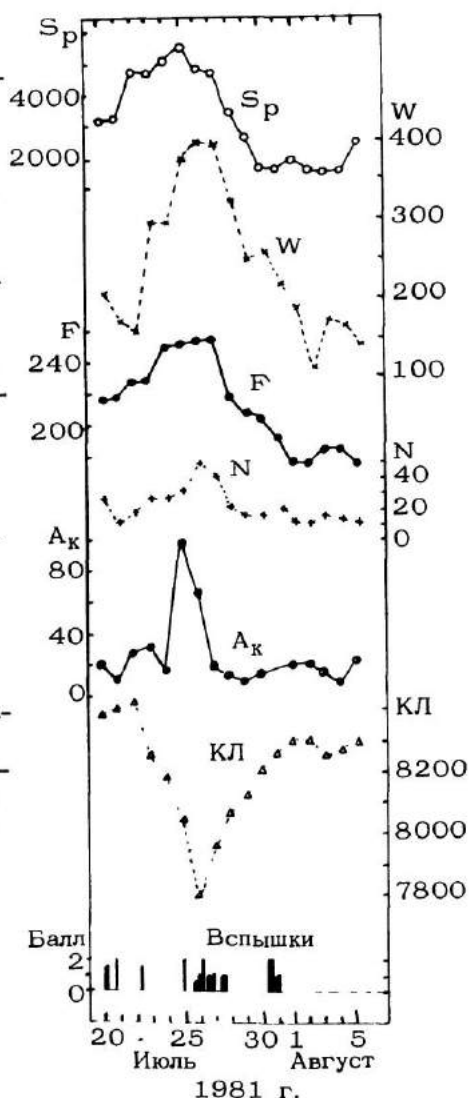
Рис. 29. Характеристики солнечной активности и некоторых космогеофизических факторов в конце июля-начале августа 1981 г. S_p - суммарная площадь солнечных пятен в миллионных долях полушария; W - наблюдаемое число солнечных пятен; F - плотность потока радиационного излучения Солнца на частоте 2800 МГц; N - общее число вспышек за сутки; A_k - индекс геомагнитной активности (Москва); K_L - интенсивность нейтронной компоненты космических лучей (Москва); ниже указаны хромосферные вспышки солнца: высота столбика - балл, толщина - продолжительность

мушения", так и медленные "тренды". Особенно четко это проявилось в измерениях в Самарканде (рис. 23), где 31 июля наблюдались резкие - почти в 2 раза - возрастания скорости исследуемой реакции и такие же резкие возвраты скорости через 0,5-2 ч к прежнему уровню.

В измерениях на о. Сахалин (рис. 27) с 7 ч* 31 июля прекратились низкочастотные флуктуации - тренд исчез.

На этих рисунках видно также, что амплитуда быстрых МФ в разных местах и в разное время различна. В "средних" широтах - Пушкине, Томске, Братске в дни опытов амплитуда МФ была "аномально" низкой по сравнению с измерениями в другие дни. В опытах на БЭС амплитуда МФ, наоборот, была "аномально" большой по сравнению с наблюдаемой в 1979 и 1980 гг.

Возможно, эти "аномалии" объясняются необычной космофизи-



* Всюду время московское летнее.

ческой обстановкой в дни, предшествующие измерениям /41/. В самом деле, в июле 1981 г. отмечалась весьма высокая солнечная активность и сопутствующие этому явления. Характеристики космофизической обстановки в этот период приведены на рис. 29. Видно, что в дни, предшествующие солнечному затмению, — 25, 26, 27 июля, происходили интенсивные вспышки на Солнце. Самая большая солнечная вспышка (за этот период) произошла в 3 ч 23 мин 31 июля 1981 г. Вспышки 25–27 июля вызвали сильные изменения геомагнитной активности (A_K -индекс), резкое падение интенсивности нейтронной компоненты космических лучей (КЛ), изменение плотности потока радиоизлучения Солнца на частоте 2800 МГц. В дни проведения измерений, 30.VII–1.VIII, эти изменения почти нивелировались. Вспышка 31.VII 81 г., как ни странно, не проявилась в изменениях этих показателей. Во всяком случае, период проведения наших измерений характеризовался сильными гелио-геофизическими возмущениями.

5.3. Корреляция изменений скорости реакции АК с ДХФИФ в разных географических пунктах между собой и с изменениями интенсивности нейтронной компоненты космических лучей. Влияние космофизических факторов может проявляться как одновременно во всех точках Земли, так и зависеть от ее суточного вращения. Предполагая особое влияние Солнца, можно было ожидать также и зависимость результатов измерений от положения Солнца над горизонтом. Последнее определяется как местным временем, так и географической широтой пункта измерений. Кроме того, в период солнечного затмения ожидаемые эффекты могут определяться временем и фазой затмения. В связи с этим мы проанализировали полученные во всех географических пунктах результаты, сопоставляя их друг с другом по абсолютному времени, местному времени, времени восхода и захода Солнца и времени максимума солнечного затмения в каждом из пунктов. Кроме того, учитывали географическую широту местности.

Сопоставление изменений величин скорости реакции АК+ДХФИФ проводили по коэффициентам корреляции R , определяемым в основном низкочастотными компонентами изучаемых процессов. Перед вычислением R массивы данных были подвергнуты необходимой обработке — выравнены интервалы между измерениями, проведено усреднение и т. д.

В табл. 2 приведены коэффициенты корреляции последовательных рядов результатов измерений скорости реакции АК+ДХФИФ, усредненных за 1 ч, в разных географических пунктах на протяжении 30.07–01.08.1981 г. Числовые значения приведены только для R , имеющих уровень значимости нулевой гипотезы ($R = 0$): $p \leq 0,001$ и превышающих 0,5 по абсолютной величине. Знаки "+" и "-" означают соответственно положительную и отрицательную корреляцию при $0,1 \leq |R| \leq 0,5$ и "0" при $|R| < 0,1$. Верхние числа (знаки) соответствуют совмещению сравниваемых

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между ходом скорости реакции АК+ДХФИФ в разных географических пунктах (время усреднения 1 ч)

	ББС	Пушино	Кавказ	Самарканд	Томск	Братск	Байкал	Сахалин
Пушино	0							
	0							
Кавказ	-	-0,86						
	-	-0,86						
Самарканд	-0,79	-	+0,52					
	-0,63	-0,52	+0,57					
Томск *	0	+	-	-				
	0	+	-	-				
Братск	0	+	-0,53	-	+			
	+0,58	0	-	-	+			
Байкал	-	+0,57	-	0	+	0		
	-	+	-	+	+0,52	+		
Сахалин	+0,57	+0,50	-0,54	-0,64	0	+	+	
	+	+0,63	-0,59	-0,63	+	+	+	
Атлантика	-	-	+0,50	+0,52	0	-	+0,63	-0,63
	-	-	+0,64	+	+0,52	0	+	-

Условные обозначения: 0 - коэффициент корреляции $|R| < 0,1$; $+$ $\rightarrow 0,1 < R < 0,5$; $- \rightarrow -0,5 < R < -0,1$. Для $|R| \geq 0,5$ уровень значимости $P < 0,001$. Верхние знаки - для совмещения по абсолютному времени. Нижние знаки - для совмещения по местному времени.

рядов усредненных значений по абсолютному времени, нижние – по местному времени. Видна сложная картина корреляций. При учете географической широты местности эта картина становится более логичной. Положительная корреляция соответствует географическим пунктам приблизительно одинаковой широты: Пушино, Томск, Братск, Байкал, Сахалин (широты $51-56^\circ$ с. ш.) и другой ряд: Самарканд, Сев. Кавказ, Атлантика ($40-43^\circ$ с. ш.). Эта группировка представлена на рис. 30, где изображены усредненные за каждый час результаты трехсуточных измерений скорости реакции АК+ДХФИФ, суммированные для всех пунктов: а) средних широт (Пушино, Томск, Братск, Байкал и Сахалин); б) северных широт (БЕС МГУ); в) южных широт (Самарканд, Сев. Кавказ и Атлантика). Видна противоположность низкочастотных изменений скорости исследуемой реакции для средних и южных широт. Коэффициент корреляции этих усредненных рядов $R = -0,57$ с уровнем значимости $p < 0,001$.

Как отмечено выше, при сопоставлении изменений $\leq 5\%$ макроскопических флуктуаций и чисел Вольфа существует положительная корреляция амплитуды флуктуаций с интенсивностью галактических космических лучей. На рис. 31 ход скорости реакции АК+ДХФИФ, усредненный по 5 "среднеширотным" географическим пунктам, сопоставлен с изменениями интенсивности нейтронной компоненты космических лучей (ИНК КЛ) в период 30.07-01.08.1981 г. Видно сходство низкочастотной составляющей обеих кривых (коэффициент корреляции $R = 0,86$).

Однако высокая корреляция не является свидетельством причинной связи.

В табл. 3 представлены коэффициенты корреляции последовательных результатов измерений скорости реакции АК с ДХФИФ, усредненных за 1 ч с ежечасными значениями ИНК КЛ в разных географических пунктах. Наивысшими коэффициентами корреляции характеризуются данные по ИНК КЛ, не поправленные на давление.

Из табл. 3 видно, что в изменениях ИНК КЛ нет таких широтных различий, как в измерениях скорости реакции АК с ДХФИФ. Средний ход изменений скорости исследуемой реакции в группе пунктов "южных" широт противоположен изменениям ИНК КЛ, в том числе на этих же широтах.

В группе пунктов "южных" широт проявилась весьма четкая одновременность изменений амплитуды макроскопических флуктуаций и формы гистограмм результатов измерений исследуемой скорости реакции. На рис. 32 представлены 3 серии гистограмм результатов измерений, проведенных в Самарканде, на Сев. Кавказе и в Атлантическом океане 31 июля и 1 августа 1981 г. Гистограммы, изображенные "послойно", построены по 300 и 600 измерениям (т. е. для 2,5- и 5-часовых интервалов времени, соответственно). Видно, что высокоамплитудные флуктуации скорости реакции со сложными полимодальными гистограммами 31 июля сменя-

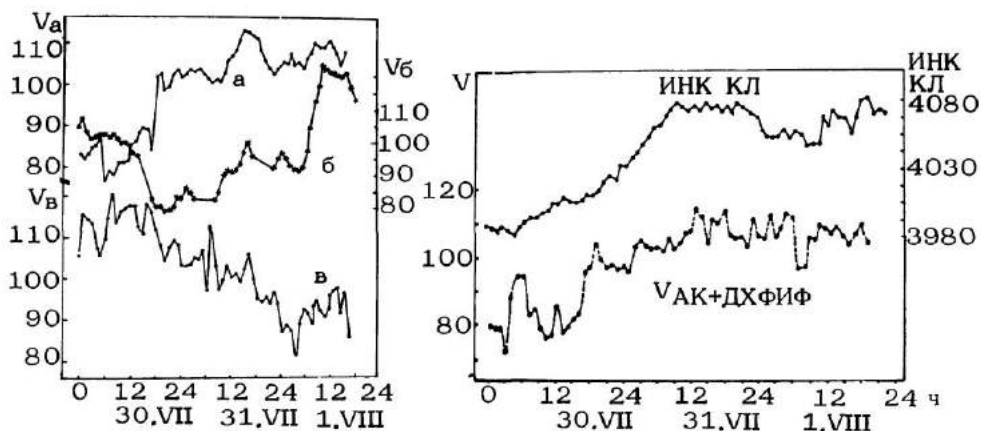


Рис. 30. Среднечасовые значения скорости реакции АК+ДХФИФ, усредненные по широтам: а - для географических пунктов "средних" широт (Пушино, Томск, Братск, Байкал, Сахалин), б - для полярного круга (БЭС МГУ), в - для географических пунктов "южных" широт (Сев. Кавказ, Самарканд, Атлантика)

Рис. 31. Сопоставление среднечасовых значений скорости реакции АК+ДХФИФ, усредненных по 5 географическим пунктам "средних" широт, с интенсивностью нейтронной компоненты космических лучей (Москва, Апатиты, Ташкент, без поправки на давление)

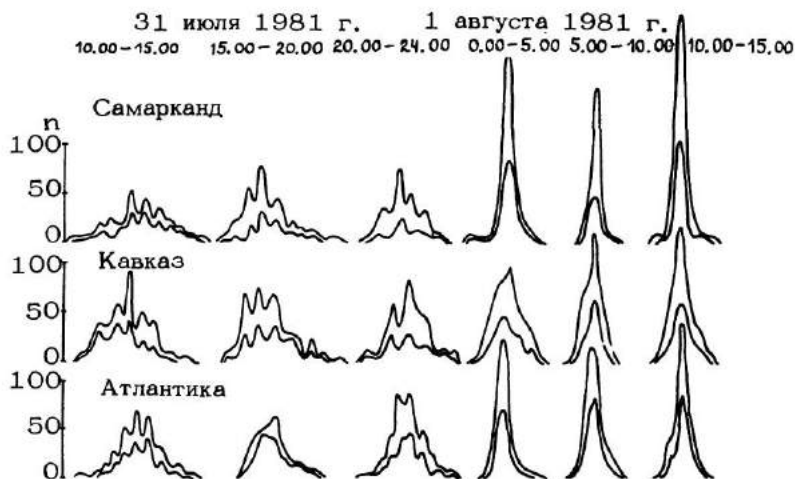


Рис. 32. Одновременное изменение формы гистограмм результатов измерений скорости реакции АК и ДХФИФ в Самарканде, на Сев. Кавказе и в Атлантическом океане в ночь с 31 июля на 1 августа 1981 г.

Корреляция МФ с нейтронной компонентой космических лучей (КЛ) (время усреднения 1 ч)

	ББС	Пушино	Кавказ	Самарканд	Томск	Братск	Байкал	Сахалин	Атлантика
КЛ * ИЗМИРАН (Москва)	+	+0,59	-0,54	-	+	+	+	+0,49	-
	+	+0,59	-0,54	-0,51		+	+	+0,67	-
КЛ Москва	+	+	-0,56	-	+	+	+	+	-
	+	+	-0,56	-	+	+	+	+0,47	+0-
КЛ * Апатиты	+	+0,91	-0,79	-	+0,65	+	+0,62	+	-
	+	+0,91	-0,79	-	+0,59	+	+	+0,48	-
КЛ Апатиты	+	+0,51	-0,56	-	+	+0,49	0	+	-
	+	+0,51	-0,56	-	+	+	0	+0,65	-
КЛ Алма-Ата выс. 806 м	0	+	-	-	+	0	+	+	-
	0	+	-	-	+	0	+	+	-
КЛ Алма-Ата выс. 3340 м	+	+0,51	-	-0,54	+	+	+	+0,65	-0,54
	+	+0,51	-	-0,49	+	+	+	+0,50	-
Киев КЛ	+	+0,50	-	-	+	+	0	+	-
	+	+0,50	-	-	+	+	0	+	-
КЛ * Ташкент	-	+0,76	-0,65	0	+0,70	+	+0,83	+	
	-0,50	+0,72	-0,60	0	+0,68	+	+0,77	+0,24	
КЛ Ташкент	+	+0,68	-0,68	-	+	0	+	+0,54	-0,77
	+	+0,68	-0,68	-	+	0	+	+0,53	-0,61

КЛ Тбилиси	+	+	-0,61	-	0	+	+	+0,52	-
	+	+	-0,61	-	0	+	+	+0,53	-0,56
КЛ Иркутск	+	+0,50	-	-	+	+	+	+	-
	+	+0,49	-	-0,55	+	+	+	+0,44	-

Условные обозначения: 0 $\rightarrow$ коэф. корр. $|R| < 0,1$; +, - $\rightarrow 0,1 < |R| < 0,47$. Для $|R| \geq 0,49$ уровень значимости $p < 0,001$. Верхние знаки - для совмещения по абсолютному времени, нижние - по местному. КЛ - нейтронная компонента космич. лучей с поправкой на давление. КЛ * - КЛ без поправки на давление.

ются в ночь на 1 августа низкоамплитудными флуктуациями с соответствующими одномодальными узкими гистограммами, и это происходит почти одновременно (по абсолютному времени!) на расстояниях в сотни и тысячи километров. В то же время в табл. 2 четких различий результатов вычисления R при совмещении по местному и абсолютному времени не видно. Это, скорее всего, объясняется преобладающим вкладом в величину R наиболее низкочастотного, почти линейного тренда процесса (см. рис. 30). Возможно, что эти низкочастотные тренды обусловлены уже упомянутыми ранее особенностями космофизической обстановки.

5.4. "Эффекты" восхода, захода, затмения Солнца. Суточный ход МФ.

На фоне сильных низкочастотных трендов и существенных различий МФ как в отдельные сутки в каждом пункте, так и в различных пунктах небольшие суточные вариации как возможные "эффекты" восхода, захода и затмения Солнца могут стать совершенно незаметными (см. рис. 20-27). Таким образом, речь идет об известной задаче выявления сигнала при высоком уровне шумов.

Традиционный метод решения такой задачи - многократное повторение измерений "при прочих равных условиях" - трудно, как ясно, применить в нашем случае (для поиска, например, "эффекта" затмения). Мы располагаем результатами измерений всего в 9 пунктах, из них только пять в полосе полного затмения.

Полагая возможные эффекты солнечного затмения следствием нетривиальной зависимости измеряемых величин от степени экранирования Солнца, можно ожидать аналогичные эффекты при заходе Солнца. В этом случае возможно многократное повторение измерений.

В связи с этим с 18 мая по 4 июня 1981 г. мы провели 14 опытов с исследованием скорости реакции АК и ДХФИФ во время захода Солнца. В каждом опыте Т.Я.Брицина и Н.П.Иванова по 200 раз на протяжении примерно двух часов измеряли скорость реакции АК с ДХФИФ, делая около 100 измерений до и 100 измерений после захода Солнца.

Поскольку в разных опытах величины средней скорости реакции $\bar{V}$ и средней квадратичной амплитуды МФ (σ) были не одинаковы, результаты измерений (V) нормировали в соответствии с формулой:

$$V_{\text{норм}} = \frac{V - \bar{V}}{\sigma},$$

т. е. приводили к среднему 0 и $\sigma = 1$. Нормированные таким образом ряды измерений суммировали, совмещая по времени захода Солнца. На рис. 33 приведены средние для 14 опытов величины скорости реакции и указаны соответствующие ошибки (стандартные отклонения для средних значений).

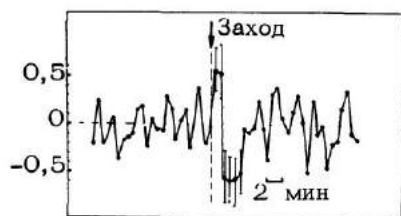


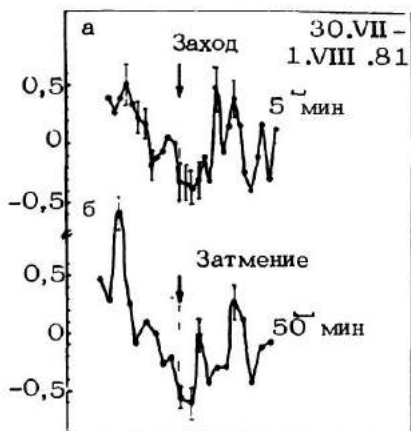
Рис. 33. Изменения скорости реакции АК с ДХФИФ во время захода Солнца. Усреднено по 14 опытам 18 мая-4 июня с совмещением по времени захода (момент захода отмечен стрелкой). Указаны стандартные отклонения для средних значений. Проведена предварительная нормировка каждого ряда по среднему значению и σ .

Видно, что в период захода Солнца наблюдается закономерное изменение скорости исследуемой реакции (не объяснимое изменениями освещенности и температуры). Наблюдаемый эффект не связан со степенью "экспонированности" Солнца, поскольку до и после захода Солнца характер процесса представляется одинаковым. Лишь на протяжении 3-4 мин, когда видимый диск Солнца заходит за горизонт, скорость реакции АК с ДХФИФ сначала достоверно увеличивается, затем уменьшается, а затем вновь увеличивается до среднего уровня.

На рис. 34,а приведены результаты аналогичного суммирования рядов измерений, совмещенных по времени захода Солнца в 6 географических пунктах (Атлантический океан, Кавказ, Самарканд, Братск, Томск, о. Сахалин).

На рис. 34,б приведены результаты суммирования рядов измерений скорости реакции АК с ДХФИФ, совмещенных по времени Солнечного затмения 31 июля 1981 г. в 5 географических пунктах в полосе затмения (Кавказ, Томск, Братск, оз. Байкал, о. Сахалин). Суммирование произведено после нормировки по $\bar{V}$ и σ , аналогично приведенному выше.

Рис. 34. Изменения скорости реакции АК с ДХФИФ во время солнечного затмения 31.VII 81 г. (б) и во время захода Солнца (а): а - совмещение по времени захода Солнца. Момент захода Солнца помечен стрелкой. Усреднено по 17 рядам. б - совмещено по времени затмения Солнца. Момент затмения отмечен стрелкой. Усреднено по 5 рядам. Указаны стандартные отклонения для средних значений. Проведена предварительная нормировка исходных данных по среднему значению и σ



Поскольку продолжительность процесса закрывания Луной диска Солнца при затмении существенно больше, чем продолжительность захода, по оси абсцисс для затмения масштаб времени соответственно сжат.

На рис. 34,а и 34,б приведены также ошибки средних значений. Видно, что изменения достоверны и сходны при затмении и заходе Солнца.

Наиболее яркий эффект - изменения скорости реакции АК с ДХФИФ во время затмения Солнца 31.VII 81 г. - проявился в опыте Г.И.Задонского и сотрудников в Москве. На рис. 35 приведены результаты их измерений с 5 до 9 ч летнего московского времени. Видно, что V_1 - более высокая начальная скорость - в ходе затмения Солнца еще возрастает, а V_2 - скорость медленной второй стадии реакции - еще уменьшается. Изменяется и амплитуда Мф по достижении максимума затмения, резко уменьшается σ и для V_1 , и для V_2 . Соответственно изменяется и вид гистограмм - спектров реализуемых состояний (рис. 36). Наблюдаемые изменения скоростей реакции V_1 и V_2 продолжались около 1,5 ч и после окончания солнечного затмения (измерения в более поздние сроки в этом опыте не производились).

Итак, как видно на рис. 33-36, скорость реакции АК с ДХФИФ, амплитуда Мф и форма соответствующих гистограмм достоверно изменяются и при заходе, и при затмении Солнца.

Однако, весьма удивительно, что соответствующие изменения, по-видимому, начинаются до и кончаются существенно (на 1,5-2 ч) позже затмения Солнца. Если бы не сходство с изменениями при заходе Солнца эти эффекты вообще трудно было бы отнести на счет влияния на исследуемую реакцию Солнца. С другой стороны, следует подчеркнуть, что эти эффекты выявляются лишь при

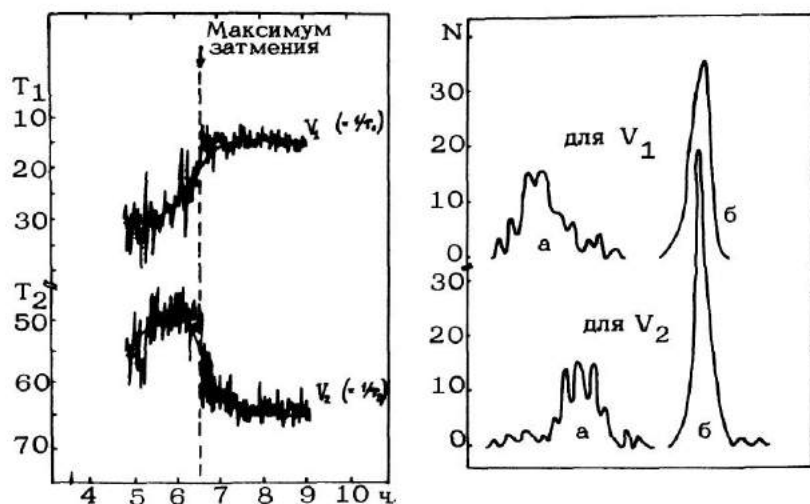


Рис. 35. Результаты двух компонент скорости реакции АК и ДХФИФ, выполненных Г.И.Задонским с сотрудниками в часы солнечного затмения 31 июля 1981 г.: V_1 – начальная быстрая компонента скорости; V_2 – вторая, медленная компонента

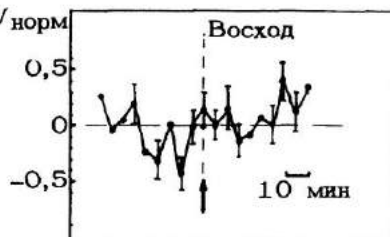
Рис. 36. Гистограммы двух компонент скорости реакции АК+ДХФИФ в измерениях Г.И.Задонского: а – до момента максимума затмения, б – после максимума затмения

суммировании с совмещением по времени затмения и пропадают при суммировании без такого совмещения.

Естественен вопрос о зависимости реакции АК с ДХФИФ от времени восхода Солнца. Суммирование соответствующих рядов измерений, совмещаемых по времени восхода Солнца, не дает достоверных изменений скорости этой индикаторной реакции (рис. 37). Однако можно отметить тенденцию к повышению V после восхода Солнца.

В связи с обнаруженными эффектами естественен вопрос о существовании суточной периодичности изменений скорости реакции АК+ДХФИФ. В опытах 30.VII–17.VII 81 г. в разных географических пунктах было осуществлено около 30 серий круглосуточных измерений. Однако лишь 23 круглосуточных серии можно считать по ряду обстоятельств достаточно надежными. Как видно на рис. 20–27, суточный ход скорости и σ МФ неодинаков как в разных пунктах, так и в разные дни. Таким образом, и эта задача относится к поискам возможных эффектов на фоне высокоамплитудного шума. Суточный ход изменений скорости индикаторной реакции был вычислен усреднением рядов трехсуточных измерений в

Рис. 37. Измерения скорости реакции АК с ДХФИФ во время восхода Солнца 30.VII-1.VIII 81 г. Усреднено по 16 рядам данных с совмещением по времени восхода. Указаны стандартные отклонения от средних значений. Проведена предварительная нормировка каждого ряда по среднему значению и σ



разных географических пунктах. При этом проведена коррекция интервалов времени между измерениями - вычислены средние величины скорости реакции за часовые периоды. Число отдельных измерений за 60 мин варьирует в разных географических пунктах от 110 до 120. Таким образом, суммируемые за каждые сутки величины являются средними из 110-120 отдельных измерений, и всего каждая точка суммарной кривой соответствует 330-360 измерениям.

Аналогично указанному выше каждый "суточный" ряд этих величин был нормирован по формуле

$$V_{\text{норм}} = \frac{V_{\text{исх}} - \bar{V}_{\text{сут}}}{\sigma_{\text{сут}}}$$

Были взяты ряды без коррекции "растворного" тренда и совмещены по географическому (долготному) местному времени. В ходе опытов во всех географических пунктах проводили регулярные изменения температуры растворов реагентов.

На рис. 38 приведены средние за трое суток ряды измерений $V_{\text{норм}}$ для разных географических пунктов. Видны как существенные различия "суточного хода" $V_{\text{норм}}$ в разных географических пунктах, так и некоторое сходство зависимости $V_{\text{норм}}$ от местного времени в опытах на ББС, Байкале, Атлантике, Кавказе и Сахалине.

На рис. 39,а представлен результат суммирования соответствующих кривых рис. 36 для этой группы. Как видно из приведенных величин стандартных отклонений, для средних значений, в самом деле, проявляется закономерное изменение $V_{\text{норм}}$ на протяжении суток: скорость реакции АК с ДХФИФ увеличивается днем и уменьшается ночью (стрелками отмечены моменты восхода и захода Солнца). Этот ход $V_{\text{норм}}$ не соответствует суточному ходу измерений температуры растворов, который изображен на рис. 40,б. (Этот график получен для тех же пунктов суммированием отдельных значений температуры после аналогичной нормировки).

Как показано ранее, амплитуда Мф является чувствительным



Рис. 38. Усредненный за трое суток ход среднечасовых значений скорости реакции АК с ДХФИФ в каждом из географических пунктов

индикатором космофизических влияний. На рис. 40 представлены два варианта вычисления среднего суточного хода величины ϵ в тех же географических пунктах.

Первый график на рис. 40,а получен усреднением 14 "суточных" рядов часовых значений

$$\epsilon_{\text{норм}} = \frac{\epsilon_{\text{исх}} - \bar{\epsilon}_{\text{сут}}}{\epsilon(\epsilon_{\text{исх}})}.$$

На рис. 40,б изображен ход часовых значений ϵ , полученных совсем другим способом. Каждый суточный ряд исходных данных предварительно нормировался по среднему $\bar{V}_{\text{сут}}$ и $V_{\text{сут}}$ за сутки:

$$V_{\text{норм}} = \frac{V_{\text{исх}} - \bar{V}_{\text{сут}}}{\epsilon_{\text{сут}}}.$$

Затем данные за каждый час по всем 14 рядам объединялись в один массив и по нему вычислялось среднеквадратичное отклонение ϵ . Таким образом, рис. 40,б отражает объединенную по 14 рядам картину поведения амплитуды МФ. Необходимо отметить, что при таком способе вычислений значение ϵ может увеличиваться не только из-за увеличения отдельных "часовых" значений ϵ , но

и из-за расхождения средних за соответствующий час в различных рядах. Малые значения ϵ означают, наоборот, совпадение средних за соответствующий час в различных рядах. То есть график на рис. 37,б наряду с суточным ходом амплитуды МФ характеризует также соответствие или несоответствие отдельных среднечасовых значений скорости реакции АК с ДХФИФ (см. рис. 39, 40).

На рис. 40,б виден сложный ход изменения ϵ на протяжении суток: амплитуда МФ относительно велика в периоды от 20 до 3 ч, от 8 до 11 ч и от 14 до 17 ч местного времени. Не-

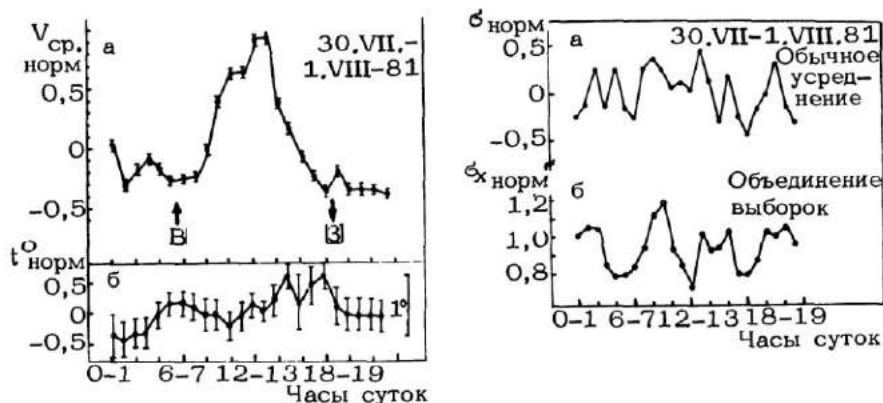
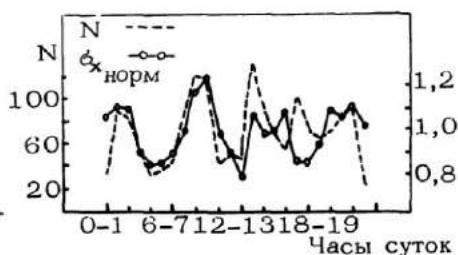


Рис. 39. а). Усредненный суточный ход среднечасовых значений скорости реакции АК с ДХФИФ по 5 географическим пунктам: БЕС, Сев. Кавказ, Байкал, Сахалин, Атлантика (всего 14 суточных рядов). б). Усредненные результаты измерений температуры растворов за трое суток для этих же пунктов. Указаны стандартные отклонения для средних значений. Стрелками отмечены моменты восхода и захода Солнца

Рис. 40. а). Усреднение 14 суточных рядов (по географическим пунктам: оз. Байкал, БЕС, Сев. Кавказ, Сахалин, Атлантика) часовых значений ϕ с предварительной нормировкой отдельных значений. б). Среднеквадратичные отклонения ϕ за каждый час после объединения нормированных данных по 14 суточным рядам

Рис. 41. Сравнение суточного хода ϕ с суточным ходом 11 видов заболеваний человека: (o—o) — среднеквадратичные отклонения ϕ по объединенным нормированным данным (см. рис. 37,б); (---) — суточный ход проявления 11 видов заболеваний человека по данным Л.Я.Глыбина /42/. Сходство кривых (o—o) и (---) характеризуется коэффициентом корреляции $R=0,37$



смотря на необычно сложный характер этих изменений ϕ , представленная картина достоверна — каждая точка на графике соответствует 1200–1500 измерениям и ошибки вычисления ϕ не превышают 0,05 условных единиц масштаба оси ординат.

На рис. 41 сплошной линией изображен тот же график значений ϕ , а штриховой линией — суточный ход проявления одиннадцати видов заболеваний человека, полученный на большом статистическом

материале Л.Я.Глыбиным /42/. Видно весьма высокое сходство двух графиков. (Коэффициент корреляции $R=0,37$, что с доверительной вероятностью 95% отвергает случайное совпадение). Отсюда может быть сделан вывод об общности причин, определяющих величину ϵ МФ и физиологическое состояние организма.

Следует заметить, что величины ϵ , полученные при объединении выборок, не определяются степенью экранированности изучаемых объектов от Солнца. Это согласовывается с тем, что в отличие от $V_{\text{норм}}$ величины ϵ не испытывают закономерных изменений в периоды захода, восхода и затмения Солнца.

Форма гистограмм – спектров, реализуемых в ходе МФ состояний, – является еще более тонким, чем величина ϵ , индикатором космофизической обстановки /23, 24/. Однако до последнего времени мы не располагали количественной характеристикой формы гистограмм. Поэтому ограничимся лишь качественной оценкой изменений формы гистограмм на протяжении суток.

На рис. 42 представлены серии гистограмм, полученных для результатов измерения скорости реакции АК и ДХФИФ в 5 географических пунктах (о. Сахалин, оз. Байкал, Сев. Кавказ, Белое море, Атлантика) 30 июля–1 августа 1981 г. Каждая гистограмма соответствует 1200–1500 измерениям, выполненным на протяжении соответствующего времени (по местному времени) в каждом географическом пункте. В час производилось около 120 измерений. В 5 географических пунктах измерения проводили в совокупности 14 сут. Для рис. 42,а результаты измерений в каждом географическом пункте перед объединением нормировали стандартным образом по среднему значению и ϵ за соответствующие сутки. На рис. 42,а видно, что форма гистограмм различна в разные часы суток. Так, ночью в период с 21 до 2 ч выявляется несколько дискретных, хорошо разрешенных состояний; гистограммы соответственно величинам ϵ на рис. 40,б широкие. Утром, в 4–6 ч, гистограммы сужаются и число дискретных состояний уменьшается. С 7 ч утра до 12 ч спектры состояний вновь усложняются. В 14 ч гистограмма узкая, с неразрешенными состояниями (астрономический полдень). В 16 и 17 ч появляются дискретные состояния, соответствующие низкой скорости реакции АК с ДХФИФ. Те же ряды данных были обработаны другим способом, чтобы исключить возможность возникновения ложных экстремумов на гистограммах из-за несоразмерности вследствие нормировки целочисленных результатов измерений у выбранной ширины разряда гистограмм.

Для рис. 42,б сначала строили гистограммы отдельно за каждый час в каждые сутки. Затем осуществляли нормировку осей абсцисс гистограмм к $X=0$ и $\epsilon=1$ за соответствующие сутки. Затем суммировали нормированные гистограммы как кусочно-линейные функции (каждая гистограмма перед суммированием представлялась в виде графика, точки которого соединены прямыми). Ширина разряда суммарных гистограмм равна 0,2 ϵ . Оказалось,

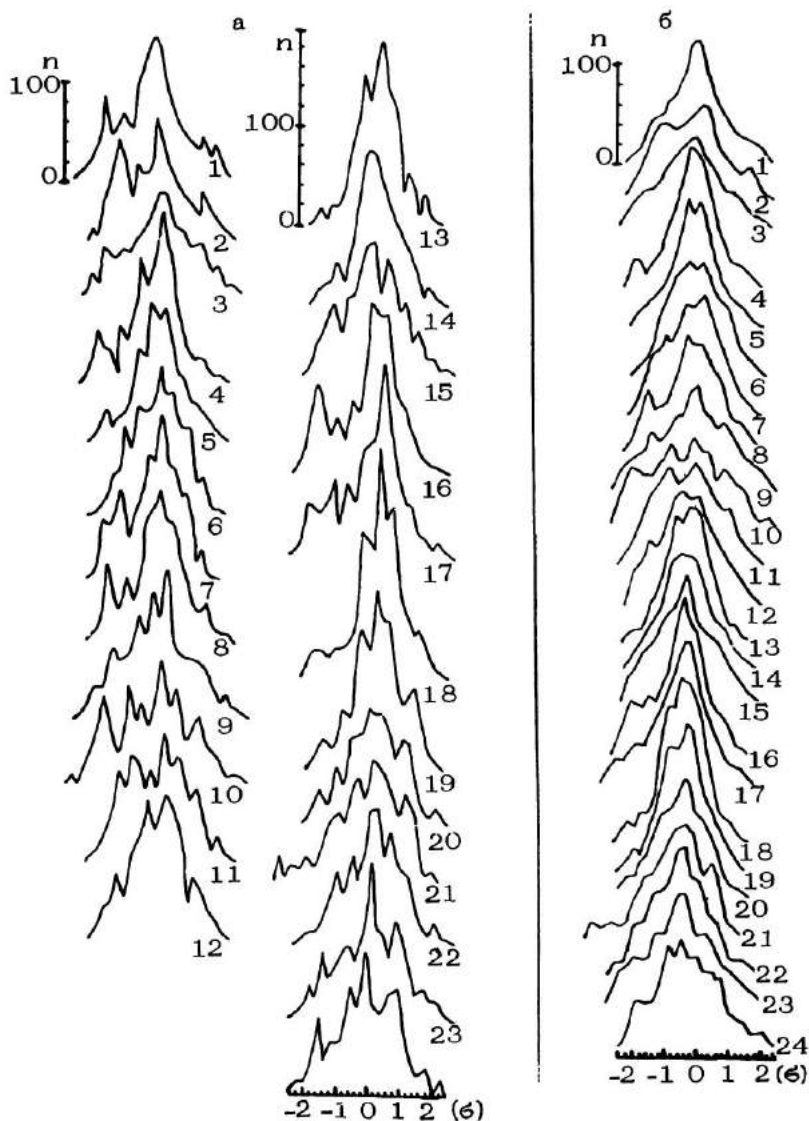


Рис. 42. Изменение формы гистограмм на протяжении суток по данным измерений скорости реакции АК и ДХФИФ 30.VII-1.VIII 81 г. в 5 географических пунктах (Сахалин, Байкал, Кавказ, БЕС, Атлантика). Нормировка исходных данных стандартная, по среднему значению и σ за каждые сутки: а) вычисление гистограмм по объединенным нормированным данным; б) суммирование отдельных гистограмм как кусочно-линейных функций

что и при такой обработке результатов сохраняется та же закономерность изменения формы гистограмм (см. рис. 42,б), однако спектры состояний оказываются более сглаженными. Таким образом, проявляется суточный ход формы гистограмм – изменяется число и соотношение дискретных состояний, реализуемых в ходе МФ при суточном вращении Земли вокруг своей оси.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что изменения макроскопических флуктуаций сопряжены с вращением Земли вокруг своей оси и эти изменения, возможно, обусловлены непосредственным влиянием Солнца на исследуемые процессы.

5.4. Принадлежность рядов трехсуточных измерений скорости реакции АК+ДХФИФ 30.VII-1.VIII.81 г. к классу $1/f$ процессов. Поиски периодичностей. На рис. 20–27, изображающих ход МФ исследуемой скорости реакции в различных географических пунктах, представлены как быстрые “возмущения”, так и медленные тренды. При этом видно, что быстрые и медленные составляющие МФ имеют различную амплитуду в разные часы в разных пунктах. Для выяснения вклада высоко- и низкочастотных гармоник в анализируемый процесс был проведен частотный анализ (анализ периодичностей) МФ в экспериментах 30.VII-1.VIII 81 г. В качестве частотной характеристики процесса была выбрана спектральная плотность мощности $/34/$, отражающая распределение дисперсии процесса по частотам. Ранее подобный анализ был проведен для МФ скоростей ферментативных реакций и реакции АК с ДХФИФ по опытам 1978–1979 гг.: было установлено, что МФ относятся к классу $1/f$ процессов, т. е. обладают спектральной плотностью мощности, обратно пропорционально зависящей от частоты f $/43/$. Такая зависимость означает, что с увеличением периода квадрат амплитуды соответствующей гармоники линейно возрастает.

На рис. 43 представлены спектральные плотности трехсуточных рядов измерений скорости АК с ДХФИФ в период 30.VII 81 в различных географических пунктах. Спектральные плотности изображены здесь в необычном масштабе: ось абсцисс линейна по периодам. Поэтому линейная зависимость от периода T здесь отражает $1/f$ зависимость от частоты f . Таким образом, МФ при измерениях скорости реакции АК + ДХФИФ 30.VII-1.VIII 81 можно отнести к классу $1/f$ процессов так же, как и МФ при измерениях активности различных ферментов $/43/$.

На рис. 43 не удается обнаружить достоверно выделяющихся гармоник. Однако, поскольку МФ на протяжении трех суток во многих географических пунктах сильно различаются по амплитуде и другим параметрам, вычисление спектральной плотности по целому трехсуточному ряду измерений могло дать только общую, усредненную по всему 3-суточному ряду картину периодичностей. По рис. 20–27 можно предположить, что МФ содержат гармоники, период и амплитуда которых со временем меняется, “плывет”.

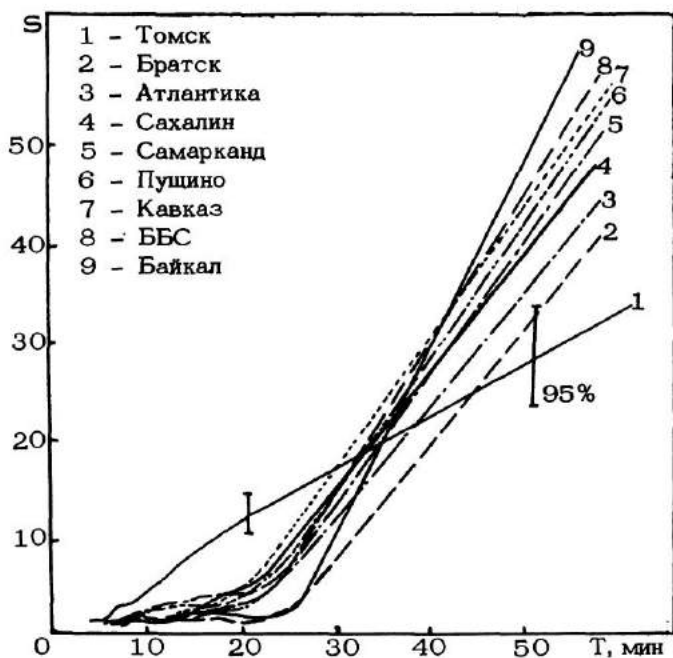


Рис. 43. Спектральные плотности рядов трехсуточных измерений скорости реакции АК с ДХФИФ в различных географических пунктах. По оси абсцисс – периоды в мин. Длина каждого ряда около 8000 измерений. Корреляционное окно при вычислении спектральной плотности $M=100$

Естественно, что такие квазипериодичности можно обнаружить только на таких участках опытов, где они еще не успели измениться.

Поэтому трехсуточные ряды измерений были поделены на участки, содержащие каждый 300–900 непрерывных измерений скорости реакции (2,5–7,5 ч). Проверка на периодичность проводилась с помощью вычисления и оценивания [35] спектральной плотности и сравнения результатов счета с периодограммой. Таким образом, были использованы 2 независимых метода поиска периодичностей.

Оказалось, что большинство выбранных участков (21 из 30) не имеют достоверных (по оцениванию спектральной плотности) периодов. Для остальных участков выделенные периоды лежали в интервале от 6 до 110 мин и были различны на разных участках. При этом на одном участке (Томск, 30.VII 81, ~7–12 ч) один и тот же период – 22 мин был подтвержден обоими методами. Поскольку для большинства выделенных (с достоверностью 95% по оценке спектр. плотности) периодов два метода дают различные результаты, следует сделать вывод об отсутствии закономерных

и достоверных периодичностей (гармоник) в рядах измерений скорости реакции АК с ДХФИФ в различных географических пунктах 30.VII-1.VIII 81.

Все сказанное относится к гармоникам, сохраняющим свой период на протяжении интервала времени 2,5-7,5 ч. Вопрос о существовании "квазипериодичностей" и их поведении остается пока открытым. Итак, проведенный анализ показал принадлежность рядов трехсуточных измерений скорости реакции АК с ДХФИФ 30.VII-1.VIII 81 к классу $1/f$ процессов, которые широко встречаются в природе. К таким процессам, в частности, относятся такие процессы, как изменение числа солнечных пятен, неопределенность во времени атомных часов, запись ежегодных уровней подъема воды в реках, количество осадков, выпавших за одинаковые интервалы времени, фликкерные шумы в электронике и многие другие /90/. Принадлежность МФ к классу $1/f$ процессов указывает, возможно, на существование однотипного механизма у $1/f$ процессов и МФ либо на зависимость МФ от других $1/f$ процессов, какими, в частности, являются некоторые характеристики солнечной активности и солнечного ветра.

6. ФОРМА ГИСТОГРАММ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЗНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПУНКТАХ КАК СВИДЕТЕЛЬСТВО КОСМОФИЗИЧЕСКОЙ ОБУСЛОВЛЕННОСТИ МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ

В начале этих исследований мы считали наблюдаемые флуктуации в растворах белков следствием синхронизации изменений отдельных макромолекул при их взаимодействии посредством разделяющей их среды - водного раствора. Однако уже из опытов с явной синхронностью "конформационных колебаний" в растворах белков, находящихся в разных сосудах /5, 24, 68/, следовало, что причина основного феномена внешняя по отношению к исследуемым объектам. Из множества опытов следовало также, что синхронность относительно высокочастотных флуктуаций в отдельных объектах наблюдается лишь в растворах белков. Для других объектов детального совпадения хода флуктуаций во времени не наблюдается.

Гистограммы характеризуют состояние объекта за весь соответствующий им интервал времени. Серия гистограмм является поэтому характеристикой изменений процесса во времени, огрубленной по сравнению с непосредственной реализацией измеряемых величин соответственно числу измерений, входящих в каждую гистограмму.

Таким образом, форма гистограмм является характеристикой действия внешней "силы" на исследуемые объекты.

Наблюдается сходство формы гистограмм результатов измерений характеристик процессов (объектов) разной природы - от биохимических реакций до радиоактивного распада.

Таким образом, некая внешняя "сила" равно влияет на процессы (объекты) разной природы.

Одним из первых подходов к анализу физической природы этой "силы" является исследование закономерностей ее проявления в зависимости от расстояния и времени.

Соответствующие исследования были начаты в 1978 г., когда по совету В.Е.Жвирблиса была проведена серия одновременных измерений макроскопических флуктуаций креатинкиназной активности в Симферополе и Пущине, а сам В.Е.Жвирблис измерял флуктуации при настройке визуального поляриметра на равную освещенность полей зрения /44/. В 1979 г. были проведены относительно большие серии экспериментов с одновременными измерениями флуктуаций скоростей реакции АК+ДХФИФ в Пущине и флуктуаций при настройке поляриметра в Москве (В.Е.Жвирблис) /44/.

В августе 1979 г. были проведены одновременные опыты (АК+ДХФИФ) в Пущине и на Беломорской биостанции МГУ, а в октябре 1979 г. - в Пущине, Алма-Ате и на биостанции /18/. В 1981 г. были проведены уже упоминавшиеся опыты с круглосуточной регистрацией каждые 30 с скорости реакции АК+ДХФИФ в 10 географических пунктах от Сахалина до Атлантического океана и от биостанции (Полярный круг) до Самарканда.

В 1982 г. были проведены одновременные опыты с АК+ДХФИФ в Томске и Пущине. И, наконец, в 1984 г. были осуществлены серии опытов в Москве, Пущине, Томске, Ленинграде с одновременным измерением макроскопических флуктуаций в разных процессах - от α -распада ^{239}Pu (Москва) до флуктуаций амплитуды колебаний в реакции Белоусова (Томск). В этом обзоре ограничимся в основном результатами опытов 1984 г.

На рис. 44 приведены гистограммы результатов двух опытов: 2.П и 10.IV 1984 г., в которых были произведены с 8 ч 45 мин до 10 ч 50 мин по 250 измерений интенсивности α -распада ^{239}Pu в Москве (Н.Б.Хохлов) и β -распада ^{14}C в Пущине (В.И.Брусков, В.Д.Ражин), как это описано в /24/. Каждое измерение длилось 30 с. На рис. 44 слева совмещены сглаженные гистограммы для α - и β -распада, построенные по 50 последовательным измерениям 2.П, а справа - несглаженные "натуральные" гистограммы опыта 10.IV 1984 г. Средняя интенсивность счета А для α -распада около 2500 имп/30 с, а для β -распада - около 144000. Масштаб по оси абсцисс подобран соответственно $\sqrt{A}$.

На рисунке видно, что форма гистограмм существенно изменяется во времени. Можно было бы легко объяснить эти изменения "игрой случая" или "несостоятельностью" гистограмм - слишком малым числом измерений, по которым построена каждая гистограмма. Однако видно, что форма гистограмм в каждой паре сходна и, следовательно, не случайна.

Речь идет о сходстве форм гистограмм в разных процессах, в данном случае в процессах α - и β -распада. Причем здесь проявляется сходство гистограмм, построенных по результатам изме-

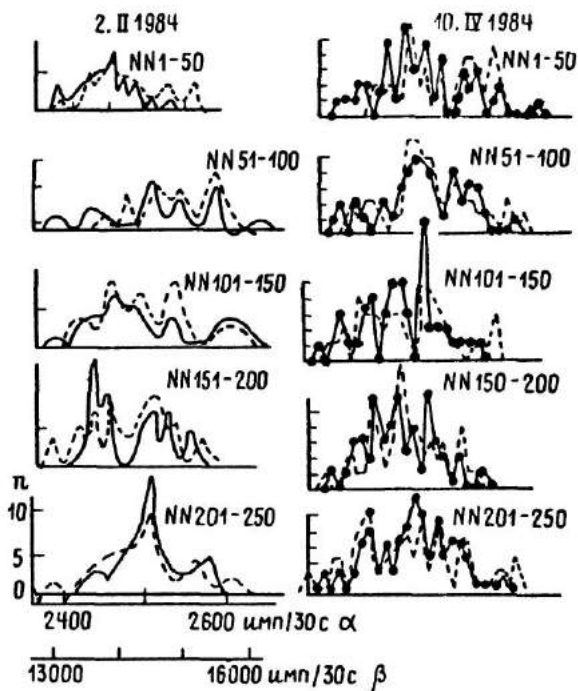


Рис. 44. Форма гистограмм результатов 50 измерений интенсивности α -распада ^{239}Pu в Москве и β -распада ^{14}C в Пущине изменяется синхронно. Средняя активность β -распада ^{14}C около 144000 имп/30 с и α -распада ^{239}Pu около 2500 имп/30 с. По осям абсцисс – амплитуда флуктуаций в долях β , по осям ординат – число измерений

рений, выполненных в местах, находящихся на расстоянии около 100 км друг от друга.

Таким образом, "внешняя сила", определяющая форму гистограмм, изменяется практически одновременно на протяжении 100 км.

Признав неслучайность формы гистограмм, построенных по 50 измерениям, приходится сделать вывод о невозможности суммирования столь разных фигур для получения более достоверных представлений о форме гистограмм.

Таким образом, суммарные гистограммы по всем 250 измерениям этих опытов не могут дать более достоверного представления о форме гистограмм, чем "промежуточные" гистограммы, построенные по 50 измерениям. Здесь особенно четко проявляется парадоксальное обстоятельство: форма гистограмм достоверно проявляется лишь при оптимально малом числе измерений. При этом речь идет, по-видимому, именно о числе измерений с заданным интервалом времени, а не о суммарной длительности измерений.

Одновременно с измерениями интенсивности α - и β -распада измеряли флуктуации скорости реакции АК+ДХФИФ.

На рис. 45 приведены гистограммы всех 25 опытов с одновременным измерением интенсивности α -распада ^{239}Pu в Москве и скорости реакции АК+ДХФИФ в Пушкине. Гистограммы построены по 250 измерениям каждая. Число измерений здесь, как следует из рис. 44, больше оптимального, тем не менее видно, что на расстоянии 100 км в 17-19 опытах из 25 форма гистограмм оказывается сходной для измерений принципиально разными методами разных процессов.

Выше уже отмечалась синхронность (по абсолютному времени) изменений формы гистограмм — спектров реализуемых состояний — 31.VII-1.VIII 1981 г. на 40° с. ш. в Самарканде и в Атлантическом океане в опытах в связи с солнечным затмением. Кроме того, была обнаружена значимая корреляция низкочастотных компонентов макроскопических флуктуаций при измерениях приблизительно на одной широте и существенное различие и формы гистограмм, и временного хода флуктуаций на разных широтах. В связи

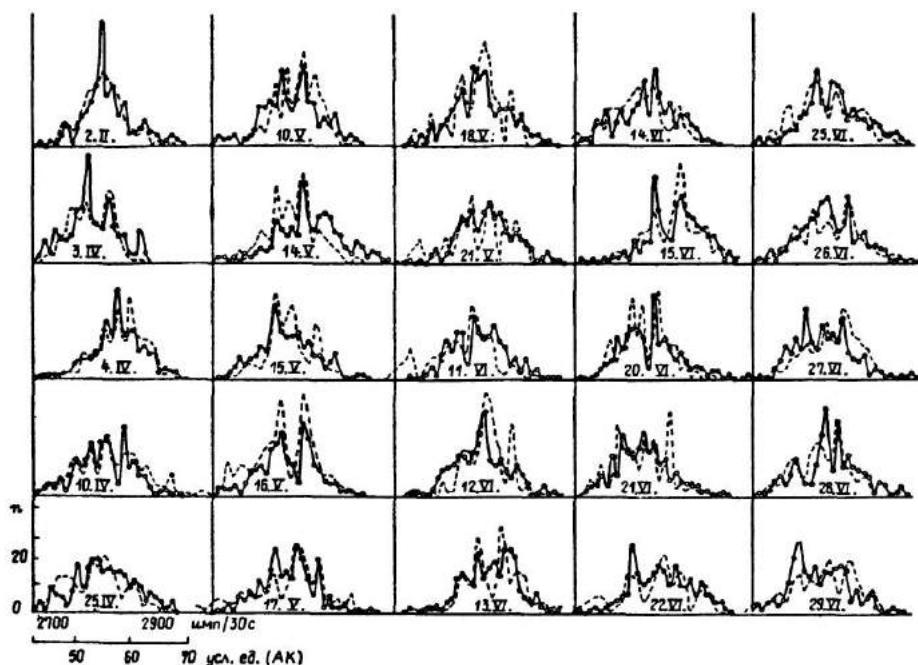


Рис. 45. Форма гистограмм результатов 250 измерений интенсивности α -распада ^{239}Pu в Москве и скорости реакции АК+ДХФИФ в Пушкине сходна в разные дни 1984 г.

с этим мы не ожидали заметного сходства формы гистограмм при одновременных измерениях в Пушкине и в Ленинграде (различие по широте около 5°). Однако при одновременных измерениях интенсивности β -распада ^3H в Ленинграде (А.Ю.Сунгуров) и измерениях флуктуаций скорости реакции $\text{AK} + \text{ДХФИФ}$ в Пушкине отмечено существенное сходство формы соответствующих гистограмм.

На рис. 46 представлено по 5 пар гистограмм по 50 последовательным таким измерениям в двух опытах 26 и 30. X 1984 г.

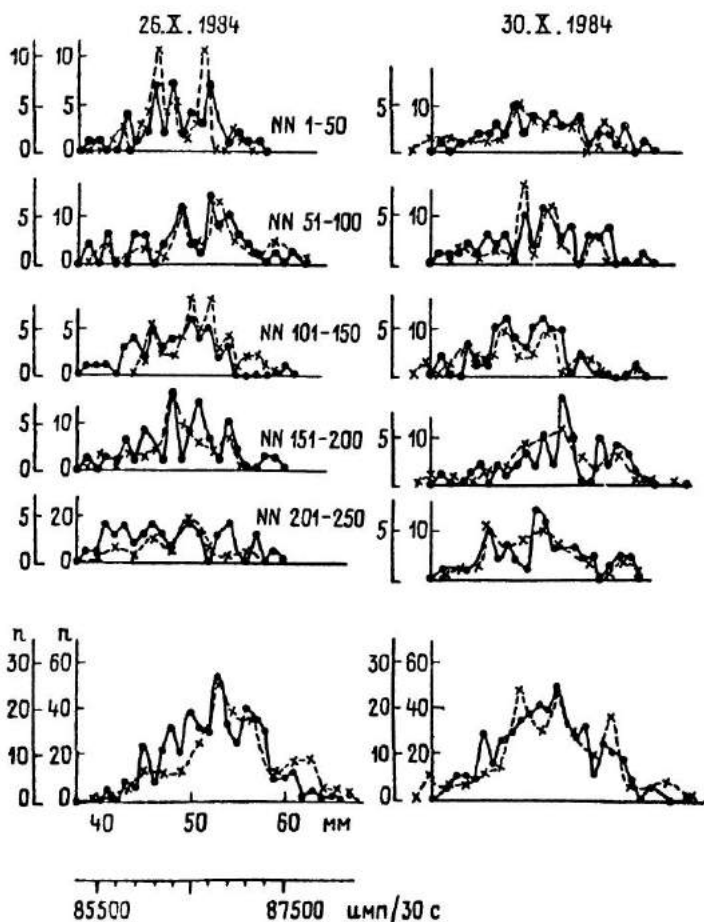


Рис. 46. Сопоставление формы гистограмм результатов измерений в одно и то же местное время интенсивности β -распада ^3H (—) в Ленинграде и скорости реакции $\text{AK} + \text{ДХФИФ}$ (---) в Пушкине

Внизу каждой серии представлены суммарные гистограммы по всем 250 измерениям. Видно, что в опыте 26. X сходны 1, 2 и 3-я пары гистограмм, а в опыте 30. X сходны 1, 2, 3 и 4-я пары. Сходство формы суммарных гистограмм по 250 измерениям менее явно, чем сходство указанных пар "промежуточных" гистограмм.

Таким образом, и на расстоянии около 700 км, и при заметном различии широты местности наблюдается сходство формы гистограмм в одновременных опытах. Причем в этих опытах А.Ю.Сунгуров внес соответствующую (около 30 мин) поправку и на различие долготного времени. Следовательно, в этом случае можно говорить о сходстве формы гистограмм по местному времени. Однако сделать из этих результатов вывод, в соответствии с которым "внешняя сила" влияет на различные процессы сопряженно с вращением Земли, т. е. форма гистограмм определяется экспонированием места измерений при вращении Земли к какому-то внеземному объекту, пока нельзя. В ряде опытов получены весьма сходные формы гистограмм результатов измерений в различных географических пунктах без поправки на местное время.

На рис. 47 представлен результат опыта 26.IV 1984 г., в котором измерялись макроскопические флуктуации в четырех процессах. Измерения электрофоретической подвижности (ЭПФ) эритроцитов, фиксированных формальдегидом, проводил в Пушине А.В.Темнов посредством автоматического прибора "Пармаквант-2" с 8 ч 45 мин до 10 ч 50 мин (время московское летнее). Синхронно с ним В.И.Брусков и В.Д.Ражин в Пушине провели 250 измерений интенсивности β -распада ^{14}C и А.С.Данский за то же время 125 раз измерил время ожидания разряда неоновой лампы в RC-генераторе ("RC"). В тот же день, но с 13 ч 50 мин до 15 ч 45 мин, Д.П.Кулевацкий в Москве провел 80 измерений времени спин-спиновой релаксации T_2 протонов воды посредством прибора Minispec, фирма Bruker (ФРГ), в лаборатории О.П.Ревюкова на физическом факультете МГУ.

Как видно на рис. 47, гистограммы всех четырех процессов сходны по форме (при соответствующем подборе масштабов по осям координат). При этом детальное совпадение формы соответствующих гистограмм для ЭПФ и T_2 наблюдается, несмотря на примерно 5-часовое различие во времени измерений.

Макроскопические флуктуации T_2 , обнаруженные Д.П.Кулевацким, представляют для нас особый интерес по ряду аспектов. С одной стороны, они подтверждают наше давнее предположение о макроскопических флуктуациях свойств воды как, возможно, первичного процесса и о белках как чувствительных индикаторах этих флуктуаций. С другой стороны, на этом примере видна распространенная методология точных измерений при наличии флуктуаций: как правило, точность достигается увеличением "инерции" измерений — усреднением возможно большого числа отдельных результатов.

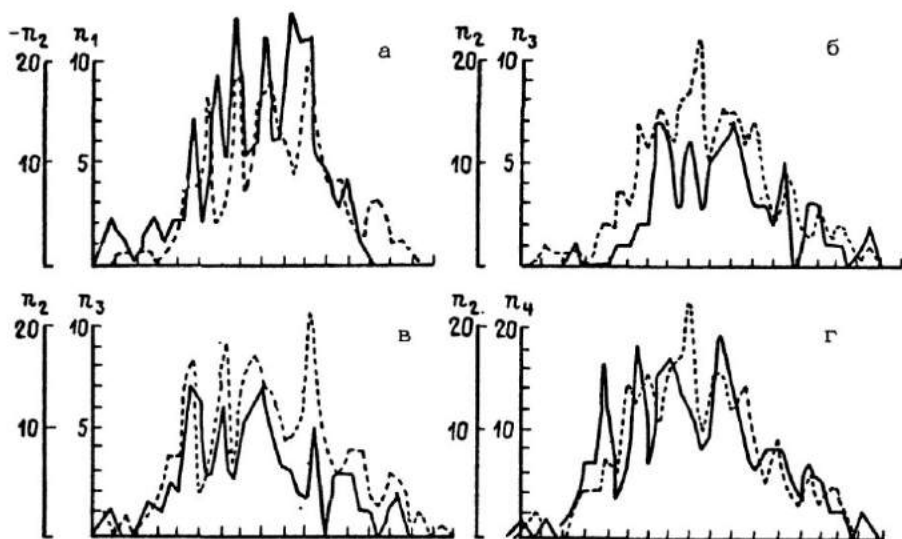


Рис. 47. Иллюстрация сходства формы гистограмм результатов измерений четырех различных процессов 26.IV 1984 г.: 1) времени ожидания разряда неоновой лампы в RC-генераторе (125 измерений). Ось ординат - n_1 ; 2) электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФФ), фиксированных формальдегидом (235 измерений). Ось ординат - n_2 ; 3) времени спин-спиновой релаксации T_2 протонов воды (80 измерений). Ось ординат - n_3 ; 4) интенсивности β -распада ^{14}C (250 измерений). Ось ординат - n_4 . Все измерения, кроме T_2 , - в Пушкине с 8 ч 45 мин до 10 ч 50 мин. Измерения T_2 - в Москве, с 13 ч 50 мин до 15 ч 43 мин (московское время); а) (—) RC-генератор, (---) ЭФФ; б) (—) T_2 , (---) ^{14}C ; в) (—) T_2 , (---) ЭФФ; г) (—) ЭФП, (---) ^{14}C

При обычных измерениях T_2 в современных приборах происходит усреднение на протяжении минут нескольких десятков и даже сотен отдельных результатов, каждый из которых получается за время, равное примерно 0,2 с.

Д.П.Кулевацкий обнаружил, что при 10-кратном измерении (и усреднении) получаемые средние величины T_2 все еще могут варьировать в 10 раз (!) - от 1 до 10 с. Спектр - гистограмма получаемых величин T_2 - имеет характерный для макроскопических флуктуаций вид.

На рис. 48 представлены результаты всех 9 опытов Д.П.Кулевацкого в Москве в сопоставлении с измерениями флуктуаций скорости реакции $\text{AK} + \text{ДХФИФ}$ в Пушкине.

На рис. 48 видно, что форма гистограмм во всех соответствующих парах сходна и, как обычно, в разные дни заметно различна.

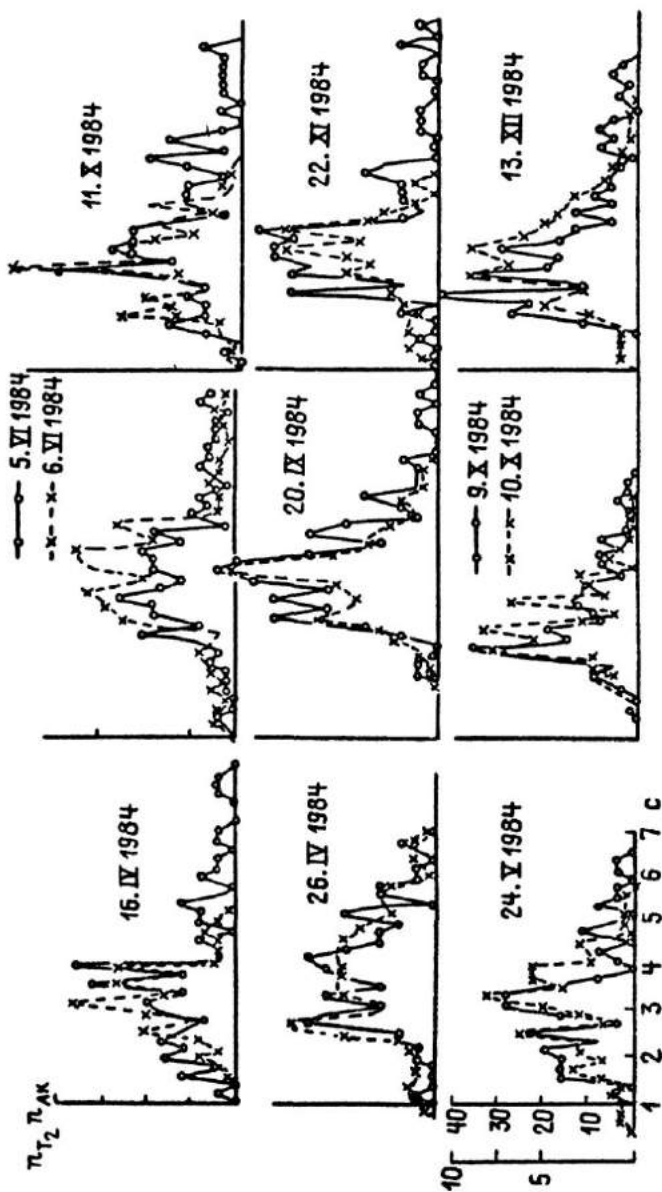


Рис. 48. Форма гистограмм результатов измерений в Москве времени спин-спинового
 релаксации T_2 (—) протонов воды подобна форме гистограмм результатов измерения
 скорости реакции АК+ДХФИФ в Пушине (---)

Особого внимания заслуживают две пары - 5-6.IV и 9-10.X.1984 г. Гистограмма T_2 была получена Д.П.Кулевацким вечером 5.VI.1984 г., она совпадает по форме с гистограммой для АК+ДХФИФ, полученной утром 6.VI.1984 г. Аналогичным образом гистограмма T_2 , полученная вечером 9.X.1984 г., сходна с утренней гистограммой для АК+ДХФИФ 10.X.1984 г. Почти во всех остальных опытах, представленных на рис. 48, измерения T_2 были осуществлены на 3-4 ч позже, чем измерения скорости реакции АК+ДХФИФ.

Таким образом, в дни этих опытов наблюдалось относительно медленное изменение формы гистограмм. Такое медленное изменение формы гистограмм происходит отнюдь не всегда. Многие здесь неясно. С одной стороны мы видели быстрое (за 30 мин, т. е. 60 измерений) существенное изменение формы гистограмм, с другой - неоднократно наблюдали явное сходство формы гистограмм на протяжении многих дней (при измерениях, однако, в одно и то же время суток). На рис. 49 сопоставлены формы гистограмм, построенных по результатам измерений амплитуды колебаний в реакции Белоусова в г. Томске Л.П.Агуловой /45/ и форма гистограмм измерений в Пушине скорости реакции АК+ДХФИФ. Опыты ставились примерно в одно и то же абсолютное время - в Пушине с 8 ч 45 мин до 10 ч 50 мин по московскому времени, в Томске - около 13-14 ч по местному времени (т. е. около 10-11 ч по московскому времени).

Принято думать, что колебательная реакция Белоусова отличается высокой стабильностью частоты и амплитуды. Однако Л.П.Агулова обнаружила, что при концентрациях реагентов, близких к границе области существования колебаний, наблюдаются более или менее резкие флуктуации и частоты, и амплитуды /45/. В этой критической области реакция Белоусова является чувствительным индикатором макроскопических флуктуаций. Из 19 опытов, приблизительно одновременных в Пушине и Томске, с измерением амплитуды колебаний оптической плотности в реакции Белоусова и скорости реакции АК+ДХФИФ в 12-13 наблюдалось явное сходство формы гистограмм. На рис. 49 приведены пары гистограмм 8 опытов. Число измерений в реакции Белоусова (n_{PB}) в каждом опыте указано на графиках. В опытах АК+ДХФИФ всюду по 250 измерений. Масштабы осей координат соответственно подобраны.

Видно, как существенно различна форма гистограмм в разные дни и насколько сходна форма гистограмм в одновременных опытах, осуществленных на расстоянии около 3500 км. Следует заметить, что Томск и Пушино отличаются по широте лишь немногим более чем на 1° . В дополнение можно упомянуть опубликованные ранее /20/ сопоставления формы гистограмм результатов синхронных измерений в 1978-1979 гг. в опытах В.Е.Жвирблиса /44/ по определению нулевой точки визуального поляриметра в Москве и измерений макроскопических флуктуаций ферментатив-

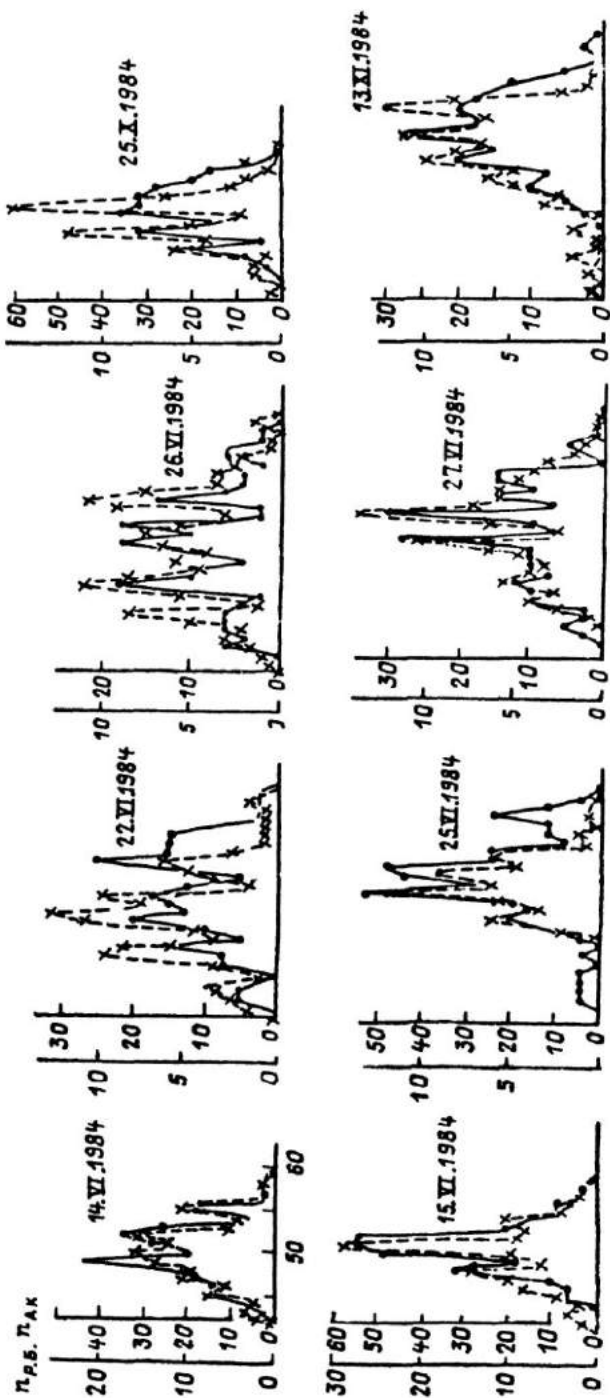


Рис. 49. Сопоставление формы гистограмм результатов измерений амплитуд колебаний в реакции Белоусова (—) в Томске и гистограмм скоростей реакции АК+ДХФ (АК) в Пушкине (---)

ной активности креатинкиназы в Пушине. Причем в данном случае нам не важно, являются ли флуктуации в поляриметрических измерениях В.Е.Жвирблиса результатом флуктуаций оптических свойств прибора или среды или они обусловлены физиологическими причинами. Именно так думал много лет назад П.П.Лазарев, когда изучал флуктуации порогов зрительной адаптации глаза /46/.

В самом деле, было бы естественно ожидать, что в физиологических процессах происходят такие же флуктуации, как и в биохимических реакциях всех других процессов.

Сказанное позволяет вернуться к исследованиям флуктуаций концентрации различных веществ в крови, которые мы изучали более 10 лет, в 1951-1961 гг. /4/. Резкие колебания флуктуации концентраций в крови разных веществ - фосфатов, сульфатов, белков, аминокислот, катионов - пытались объяснить ритмической активностью печени, поглощающей и отдающей в кровоток различные вещества, или же ритмическим изменением адсорбционной способности эндотелия кровеносных сосудов. Последняя возможность и сейчас представляется вполне правдоподобной - суммарная поверхность эндотелия сосудов настолько велика, что кровь может быть распределена на ней слоем всего около 0,2 мм. Однако самым удивительным в тех опытах была необъяснимая синхронность изменений в концентрации крови различных веществ у разных животных.

Теперь на основании результатов исследований, представленных выше, эту синхронность можно объяснить общей внешней причиной, одновременно изменяющей, например, адсорбционную способность (электрический заряд) эндотелия сосудов разных животных. Иллюстрация синхронности флуктуаций концентрации фосфатов в кровотоке двух кроликов в опыте 26.IV 1958 г. представлена на рис. 50 /4/. В этом опыте одновременно двум кроликам было введено в краевые вены уха по 50 мкКи ^{32}P -фосфата - индикаторное количество, не влияющее на изучаемые процессы. Далее у двух кроликов с интервалами в 3 мин из краевых вен другого уха брали точно отмериваемые пробы крови и измеряли их радиоактивность - меру концентрации растворенного в крови фосфата. На рис. 50 видны резкие синхронные (у двух кроликов) флуктуации концентрации фосфата в крови. Амплитуда наблюдаемых флуктуаций концентрации фосфатов в крови резко возросла после введения в кровоток мединала. Однако синхронность флуктуаций при этом сохранилась. Приведенный опыт еще раз свидетельствует об универсальности феномена макроскопических флуктуаций. Медико-биологические следствия этого обстоятельства отчасти уже подчеркивались в упомянутой работе /4/, однако их действительное выяснение - дело будущих исследований.

Итак, синхронность флуктуаций во всем объеме исследуемых растворов белков (1960 г.), затем синхронность флуктуаций в порциях растворов, находящихся в разных сосудах или в кровотоке разных животных (1958-1964 гг.), далее синхронность изме-

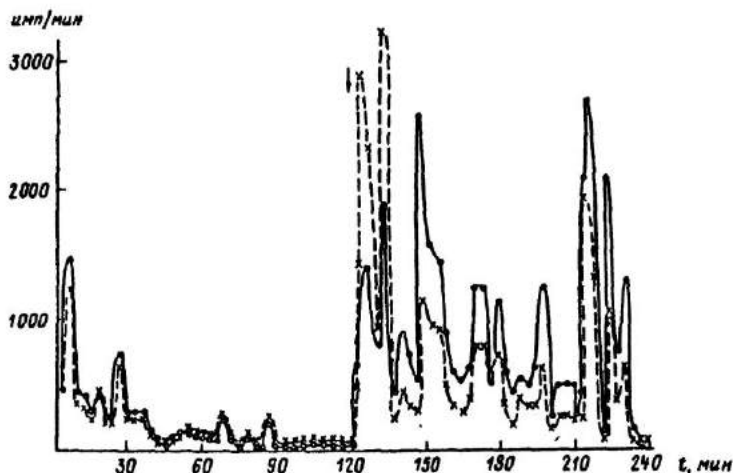


Рис. 50. Флуктуации концентрации фосфатов в кровотоке, измеренные по ^{32}P -фосфату. Синхронные измерения на двух кроликах. Увеличение амплитуды флуктуаций после введения мединала. По оси абсцисс — время по ходу опыта. По оси ординат — радиоактивность 50 мг крови имп/мин. Стрелкой отмечено введение кроликам по 300 мг мединала и повторно по 50 мкКи ^{32}P -фосфата (30.XI 1958 г.) /4/

нения формы гистограмм не только в измерениях в одной лаборатории, но и в географических пунктах, удаленных друг от друга на сотни и тысячи километров, — характеристики проявления внешней "силы", определяющей в каждый момент набор дискретных состояний объектов окружающего мира.

7. КРИТЕРИИ СХОДСТВА ФОРМЫ ГИСТОГРАММ. ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ГИСТОГРАММ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ СКОРОСТИ РЕАКЦИИ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ С ДИХЛОРФЕНОЛИНДОФЕНОЛОМ В ОПЫТАХ 1982-1985 гг. *)

Как ясно из изложенного, для исследования закономерностей изменения формы гистограмм необходим количественный критерий — мера сходства гистограмм. Критерий согласия Пирсона хи-квадрат /47/ в качестве такого критерия не пригоден, т. к. его величина очень чувствительна к различиям "краев" гистограмм и слабо реагирует на изменение формы. Поэтому для сравнения формы гистограмм лучше использовать другие критерии.

В.А.Карпов разработал алгоритм "узнавания" формы, моделирующий визуальные критерии сходства. Этот эмпирический критерий сходства форм гистограмм заключается в следующем. Для каждой

* Этот раздел написан Н.В.Удальцовой.

гистограммы определяется набор следующих параметров (на примере гистограмм рис. 51).

1) Отношение высоты гистограммы к ширине (высота определяется по наивысшему "пику", ширина - по количеству разрядов; B/A , (рис. 51,а);

2) "Асимметрия" гистограммы (отношение числа разрядов слева от наивысшего "пика" к общему числу разрядов; A_1/A , (рис. 51,а);

3) Число "пиков" ("пиком" считается каждый локальный максимум, превосходящий ближайшие минимумы не менее чем на ϵ , ϵ задается заранее);

4) Сумма высот "пиков" (относительно ближайших минимумов)

5) Последовательность величин относительных высот "пиков";

6) Последовательность величин расстояний между "пиками" по абсциссе.

Для трех гистограмм, изображенных на рис. 51, наборы параметров при $\epsilon = 3$ таковы:

а - 1) 0,67; 2) 0,58; 3) 4; 4) 38; 5) 4, 12, 15, 17; 6) 7, 3, 5;
б - 1) 0,60; 2) 0,56; 3) 4; 4) 35; 5) 4, 11, 14, 6; 6) 6, 3, 6;
в - 1) 0,48; 2) 0,52; 3) 2; 4) 16; 5) 12, 4; 6) 7.

Простейшим критерием сходства двух гистограмм может служить любая разность параметров (для последовательностей 5 и 6 вычисляется наименьшая сумма разностей по возможным сдвигам последовательностей друг относительно друга). Разности параметров для гистограмм, изображенных на рис. 51, таковы:

а - б: 1) 0,07; 2) 0,02; 3) 0; 4) 3; 5) 3; 6) 2;
б - в: 1) 0,12; 2) 0,04; 3) 2; 4) 20; 5) 20; 6) 10;
а - в: 1) 0,19; 2) 0,06; 3) 2; 4) 22; 5) 22; 6) 8.

Каждая из разностей отражает особые свойства сравниваемых гистограмм, величины разностей по различным параметрам (имеют разный порядок) несравнимы. Для учета всех особенностей гистограмм в качестве эмпирического критерия сходства была взята суммарная разность по всем 6 параметрам с весовыми коэффициентами. Например, для рис. 51 значения эмпирического критерия с весовыми коэффициентами 30, 25, 3, 1/2, 1/2, 1 таковы: $T_{a-b} = 1,26$; $T_{b-v} = 6,77$; $T_{a-v} = 7,36$. Видно, что значение эмпирического критерия для гистограмм а и б гораздо меньше, чем для пар б-в, а-в, что соответствует зрительному восприятию формы: гистограммы а и б на глаз более сходны, чем а и в, б и в.

Для сравнения приведем значения критерия хи-квадрат (χ^2) для этих же пар гистограмм: $\chi^2_{a-b} = 63,8$; $\chi^2_{b-v} = 63,4$; $\chi^2_{a-v} = 69,6$. Согласно таблицам распределения хи-квадрат, все гистограммы различны с доверительной вероятностью не менее 0,999 (значения χ^2 превосходят 99,9%-ю квантиль распределения Пирсона хи-квадрат, равную 51,2 при числе разрядов гистограмм 25). Таким образом, значения критерия хи-квадрат в 68

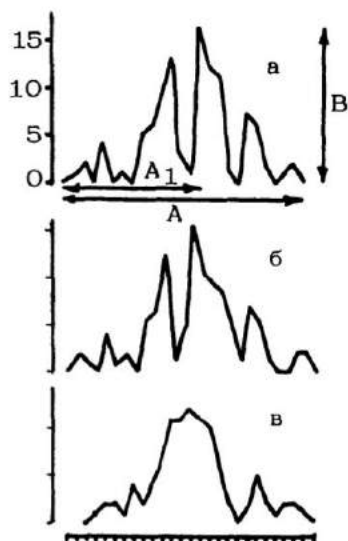
Рис. 51. Гистограммы, иллюстрирующие вычисление критериев сходства формы гистограмм. По оси абсцисс – разряды гистограмм; по оси ординат – число измерений, попавших в соответствующий разряд

данном случае не соответствуют зрительному восприятию и не согласуются с величинами эмпирического критерия. Для того чтобы пользоваться эмпирическим критерием, нужны оценки распределения значений этого критерия, оценки квантилей.

Для оценивания величин эмпирического критерия сходства гистограмм необходим набор "контрольных" гистограмм. "Контрольные" гистограммы могут быть получены либо по экспериментальным

данным того же типа, либо с помощью генератора случайных чисел на ЭВМ (следует генерировать либо числа с требуемым распределением, если известен закон распределения экспериментальных данных, по которым были построены исследуемые гистограммы; либо нормально распределенные числа со средним и дисперсией, близкие оценкам, полученным по экспериментальным данным). N "контрольных" гистограмм сравниваются друг с другом попарно (каждая с каждой) и получается $M = \frac{N \cdot (N-1)}{2}$ зна-

чений критерия. По M значениям критерия определяем параметры распределения: среднее значение критерия $\bar{T}$, среднеквадратичное отклонение σ (квадратный корень из дисперсии), гистограмму значений критерия и квантили распределения значений критерия. Для этого из вычисленных M значений критерия составляем вариационный ряд, располагая их в порядке возрастания: $T_1, T_2, T_3 \dots T_M$. Далее пользуемся предположением [48], что каждый из членов вариационного ряда является оценкой соответствующей квантили, так что вероятности попадания значений критерия в каждый из интервалов $(-\infty, T_1)$, (T_1, T_2) , ..., $(T_M, +\infty)$ предполагаются одинаковыми и равными $1/(M+1)$. Отсюда каждое из наблюдаемых значений T_i может быть принято как оценка $i/(M+1) \cdot 100\%$ -й квантили. Так, например, в качестве оценки 90%-й правосторонней квантили нужно принять $90/100 \cdot (M+1) = 0,9 \cdot (M+1) = i$ -е значение вариационного ряда, а в качестве оценки 90%-й левосторонней квантили – $(100-90)/100 \cdot (M+1) = 0,1 \cdot (M+1) = j$ -е значение вариационного ряда. Следует иметь



в виду, что по ограниченному числу значений критерия мы получаем не точные доверительные значения, а лишь их приближенные значения – оценки. Достоверность квантильных оценок резко повышается с ростом числа значений критерия $M/48$.

Проведем оценивание значений эмпирического критерия сходства для гистограмм, изображенных на рис. 51. В качестве "контрольного" массива гистограмм возьмем 40 гистограмм нормально распределенных случайных чисел со средним значением 50 и $\sigma = 4,8$ (ширина разряда гистограммы 1), полученных с помощью генератора случайных чисел на ЭВМ ЕС 1040. Количество всевозможных сочетаний гистограмм – 780. Среднее значение эмпирического критерия $\bar{T} = 4,0$; $\sigma_T = 1,4$. Левосторонние квантили для вероятностей 0,9; 0,95; 0,99 – $T_{0,9} = 2,3$; $T_{0,95} = 1,9$; $T_{0,99} = 1,1$ (нужны именно левосторонние квантили, т. к. меньшие значения критерия соответствуют более сходным гистограммам). Согласно оценкам квантилей, значение $T_{a-b} = 1,26$ свидетельствует о достоверном (с доверительной вероятностью 95%) сходстве гистограмм рис. 51, а и б. Гистограммы а и в, б и в являются различными согласно эмпирическому критерию.

Н.В.Удальцовой разработан еще один критерий сходства формы гистограмм – корреляционный. Он состоит в вычислении коэффициента корреляции двух гистограмм после вычитания из каждой плотности нормального распределения, подобранной по среднему значению и дисперсии. Совмещение гистограмм проводится сначала по средним значениям, а затем делаются подвижки одной гистограммы относительно другой вправо и влево на небольшое число разрядов. Наибольшее допустимое смещение задается заранее и не превосходит 6 для гистограмм длиной до 30 разрядов. Поскольку неоднократно наблюдалось "зеркальное" сходство гистограмм (когда одна гистограмма похожа на другую, изображенную задом наперед), те же подвижки проводятся после "зеркального" поворота одной из гистограмм относительно ее среднего значения. При этом фиксируются все возможные значения коэффициента корреляции, затем выбирается наибольшее значение коэффициента, которое считается значением корреляционного критерия и может служить мерой сходства гистограмм. Например, для гистограмм, изображенных на рис. 51, значения корреляционного критерия при максимальном смещении ± 3 разрядов относительно совмещения средних значений таковы: $R_{a-b} = 0,75$; $R_{a-v} = 0,28$; $R_{b-v} = 0,24$.

Оценивание значений корреляционного критерия сходства гистограмм производится так же, как эмпирического. Следует отметить только, что теперь понадобятся правосторонние квантили для оценки достоверности сходства, т. к. большие значения корреляционного критерия соответствуют большему сходству гистограмм. В качестве "контрольного" массива гистограмм возьмем 40 гистограмм нормально распределенных чисел со средним 50 и $\sigma = 4,8$, полученных с помощью генератора случайных чисел. По 780 значени-

ям критерия (для всевозможных попарных сочетаний гистограмм) определим среднее значение корреляционного критерия ($\bar{R} = 0,46$), среднеквадратичное отклонение ($\sigma_R = 0,11$) и правосторонние квантили ($R_{0,9} = 0,61$, $R_{0,95} = 0,66$, $R_{0,99} = 0,76$).

Таким образом, значение корреляционного критерия для гистограмм (рис. 51,а и б) $R_{a-b} = 0,75$ свидетельствует о достоверном (с доверительной вероятностью не менее 95%) сходстве этих гистограмм. Сравнение гистограмм а и б с гистограммой в по корреляционному критерию свидетельствует об их достоверном различии.

Итак, на примере гистограмм, изображенных на рис. 51, показано, что эмпирический и корреляционный критерии в отличие от критерия хи-квадрат соответствуют зрительному восприятию сходства и различия формы гистограмм.

С помощью эмпирического и корреляционного критериев было обработано 522 гистограммы ежедневных опытов по измерению скорости реакции аскорбиновой кислоты с дихлорфенолиндифенолом. С 4.X.1982 по 11.III.1985 г. Т.Я.Брищина и Н.П.Иванова ежедневно по рабочим дням с 8 ч 45 мин до 10 ч 55 мин проводили по 250 измерений скорости реакции с интервалом 1 мин. При этом выяснилась непростая картина: на протяжении многих десятков дней наблюдались то сложные полиэкстремумные гистограммы, то относительно узкие одномодальные, похожие на гауссовы распределения. Изменялись и форма гистограмм, и амплитуда флуктуаций, т. е. масштаб по оси абсцисс гистограмм. Иногда были видны закономерные переходы одной формы гистограмм в другую, часто эти "логические серии" перебивались гистограммами иной формы (см. рис. 52).

Для исследования закономерностей изменения формы гистограмм в этой серии опытов были построены графики зависимости сходства гистограмм от интервала между опытами в сутках. Всевозможные пары гистограмм (всего их оказалось 135981) разбили на группы, различающиеся по интервалам времени между соответствующими опытами. Для каждой группы пар гистограмм, "равноудаленных" по времени, в качестве показателей сходства взяли следующие величины. Для эмпирического критерия – среднее значение $\bar{T}$ критерия по выбранной группе пар гистограмм, при этом последовательность значений $\bar{T}_i$ была предварительно нормирована к среднему 0 и дисперсии 1 и для сравнения с корреляционным критерием изображена на графике в перевернутом виде (рис. 53,а). Для корреляционного критерия в качестве показателя сходства взяли долю коэффициентов корреляции d , формально превосходящих 99%-ю квантиль при оценке по критерию Питмена /49/ (рис. 53,б). Если бы коэффициенты корреляции вычислялись по рядам одинаково распределенных случайных чисел, то доля d коэффициентов, превосходящих 99%-ю квантиль, была бы примерно равна 1%. Поскольку гистограммы после вычитания подобран-

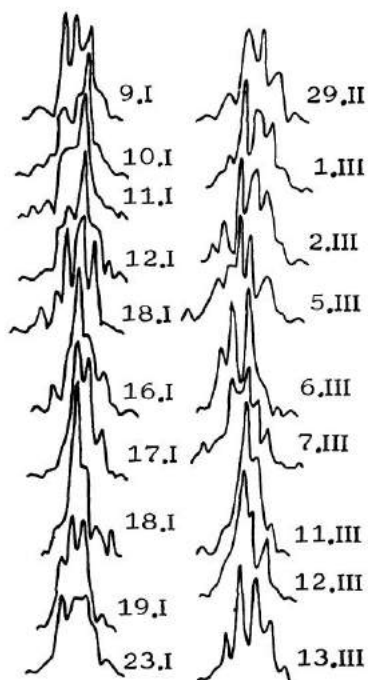


Рис. 52. Изменение формы гистограмм, построенных по 250 измерениям скорости реакции АК с ДХФИФ, день за днем в январе и марте 1984 г.

ных по параметрам плотностей нормального распределения не являются последовательностями одинаково распределенных случайных чисел (крайние разряды имеют заведомо меньший разброс, чем средние) и коэффициент корреляции выбирается наибольший после нескольких "подвижек" одной гистограммы относительно другой, доля коэффициентов, превосходящих формальную 99%-ю квантиль, — заведомо больше 1% (рис. 53,б).

На графиках рис. 53 изображены показатели сходства $\bar{d}$ и $\bar{d}$ только для пар гистограмм, "удаленных" по времени друг от друга не более чем на 400 суток. Видно, что "близкие" (по времени постановки опытов) гистограммы более сходны, чем далекие. Этот "эффект" выявляется обоими критериями.

Необходимо оценить значимость "эффекта" большего сходства "близких" гистограмм. Оценим среднюю долю $\bar{d}$ коэффициентов корреляции, превосходящих формальную 99%-ю квантиль, по большому числу экспериментальных гистограмм. Расчеты $\bar{d}$ проводились по 10 группам из 10000 коэффициентов корреляции каждая. Значения $\bar{d}$ для каждой группы лежали в пределах $0,213 \leq \bar{d} \leq 0,224$, т. е. оценка среднего значения $\bar{d}$ по 10 выборкам из 10000 коэффициентов такова: $\bar{d} = 0,218 \pm 0,006$ (0,006 — наибольшее отклонение $\bar{d}$ от среднего значения $\bar{d} = 0,219$). Значения $\bar{d}$, изображенные на графике рис. 51,б, для "близких" пар гистограмм получены по группам, состоящим примерно из 300 коэффициентов корреляции каждая. Оценка среднего значения $\bar{d}$ по 10 таким группам (с интервалом не более 10 дней между соответствующими опытами): $\bar{d} = 0,32 \pm 0,06$ (указано наибольшее отклонение от среднего значения). Таким образом, значение $\bar{d}$ для "близких" гистограмм существенно выше, чем $\bar{d}$, полученное по 10 группам из 10000 коэффициентов корреляции. По критерию Стьюдента /47/ такое различие средних

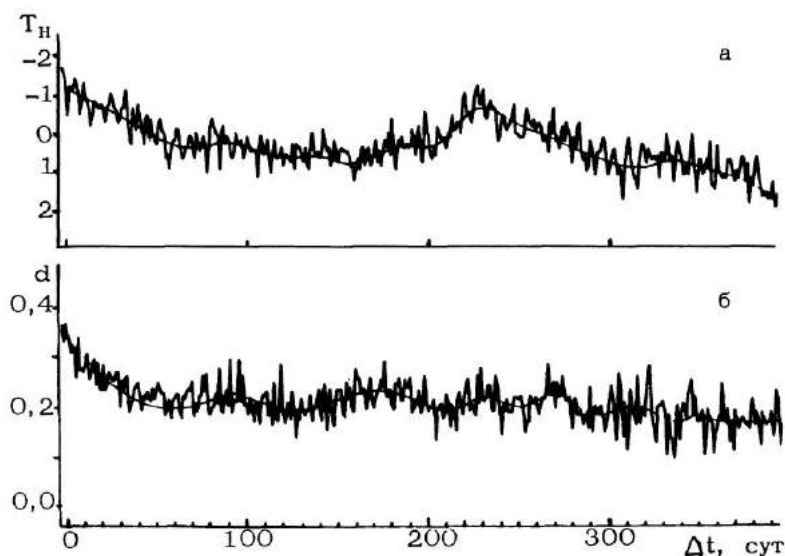


Рис. 53. Зависимость сходства гистограмм в опытах 4.X.82-11.III.85 от интервала между опытами в сутках. Сходство определялось: а) по эмпирическому критерию В.А.Карпова (последовательность значений критерия нормирована к среднему 0 и дисперсии 1 и изображена на графике в перевернутом виде); б) по корреляционному критерию (в качестве показателя сходства взята доля коэффициентов корреляции, превосходящих 99%-ю квантиль при оценке величин коэффициентов по критерию Питмена /49/)

значений $\bar{d}$ по двум выборкам достоверно с доверительной вероятностью 0,999. Следует добавить, что значение $\bar{d}$ для "далеких" опытов (с интервалом не менее 2 лет), полученное по 20 группам, состоящим примерно из 100 коэффициентов корреляции каждая, равно: $\bar{d} = 0,12 \pm 0,08$ (0,08 - наибольшее отклонение). Среднее значение $\bar{d}$ для "далеких" опытов достоверно (по критерию Стьюдента) ниже, чем $\bar{d}$ по 100000 коэффициентов корреляции.

Проведенные расчеты свидетельствуют о том, что порядок расположения экспериментальных гистограмм неслучаен. Если нарушить этот порядок, изменить даты, соответствующие каждой гистограмме, на случайные, распределенные равномерно в том же интервале дат с помощью генератора случайных чисел, то "эффект" большего сходства "близких" гистограмм исчезнет. На рис. 54 представлен тот же график, что на рис. 53, б для экспериментальных гистограмм, расположенных в естественном порядке (каждой гистограмме соответствует определенная дата проведения опыта). На рис. 54, б изображен аналогичный график зави-

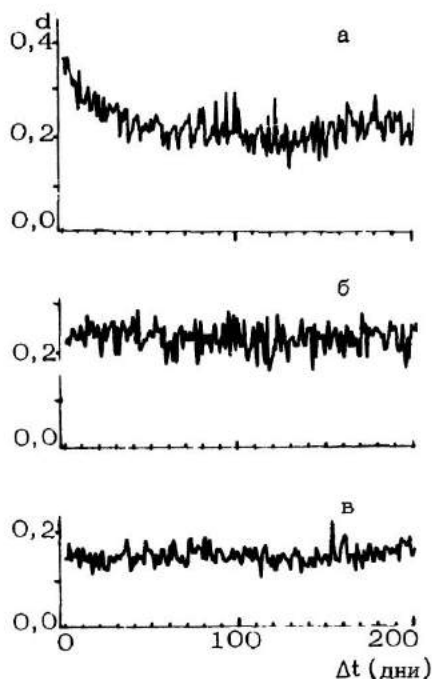


Рис. 54. Зависимость схождения гистограмм по корреляционному критерию от интервала между опытами: а) для гистограмм опытов 4. X.82-11. III.85 в естественном порядке (график соответствует рис. 53,б); б) для тех же гистограмм после замены дат экспериментов на случайные в том же интервале дат; в) для 522 модельных гистограмм, построенных по 250 нормально распределенным числам со средним $\bar{X} = 50$ и $\sigma = 3$. В качестве "даты" использовался порядковый номер гистограммы

симости d от интервала между опытами по тем же экспериментальным гистограммам, но взятым в случайном порядке. Рис. 54,б свидетельствует

об исчезновении "эффекта" большого схождения "близких" гистограмм после "перемешивания" порядка их расположения.

Аналогичные расчеты были проведены по большому числу модельных гистограмм. Были генерированы псевдослучайные нормально распределенные числа. Параметры распределения выбирались близкие к экспериментальным данным: среднее значение $\bar{X} = 50$, $\sigma = 3$. Доля d коэффициентов корреляции, превосходящих значение формальной 99%-й квантили, оказалась равной в среднем: $\bar{d} = 0,166$. Расчеты проводились по 10 группам из 10000 коэффициентов корреляции каждая. Значения d для каждой группы лежали в пределах: $0,162 \leq d \leq 0,169$, т. е. точность определения d по выборке из 10000 коэффициентов корреляции была равна: $\bar{d} = 0,166 \pm 0,004$. Таким образом, модельные гистограммы в среднем менее сходны (по корреляционному критерию), чем экспериментальные. На рис. 54,в представлен график зависимости d от разницы в номерах модельных гистограмм. Рис. 54,в показывает отличие модельных гистограмм от экспериментальных: модельные гистограммы менее коррелированы.

Экспериментальные гистограммы имеют более разнообразные значения параметров $\bar{X}$ и σ , чем модельные. Если бы форма у них была так же разнообразна, как у модельных гистограмм, то можно было бы ожидать, что они будут менее коррелированы, чем модельные. Однако представленные выше расчеты свидетель-

ствуют, что формы экспериментальных гистограмм менее разнообразны и более сходны между собой, чем модельные, несмотря на разнообразие средних и дисперсий.

Оценивание средних значений $\bar{T}$ эмпирического критерия сходства гистограмм В.А.Карпова для тех же экспериментальных данных дает также достоверную картину большего сходства "близких" гистограмм. Вернемся к рис. 53. Эмпирический критерий отличается от корреляционного тем, что выявляет более высокое, чем в среднем, сходство гистограмм, соответствующих опытам, поставленным с интервалами около 230 суток. Отсутствие такого "подъема" на графике для корреляционного критерия скорее всего объясняется тем, что эмпирический критерий иначе и более тонко "чувствует" изменение формы гистограмм.

После "перемешивания" порядка следования гистограмм график зависимости эмпирического критерия T от интервала между опытами получается аналогичным графику на рис. 54,б. Существенно, что для одного и того же ряда экспериментальных гистограмм различные критерии дали сходные результаты: последовательности, изображенные на рис. 53,а и б коррелируют с коэффициентом $R = 0,47$. Для рядов длиной 400 элементов такой коэффициент корреляции является значимым с доверительной вероятностью $P = 0,999$. Таким образом, эмпирический и корреляционный критерии подтверждают неслучайный порядок расположения экспериментальных гистограмм, т. е. "логику" изменения формы экспериментальных гистограмм, видимая на глаз, подтверждается статистически. Некая "идея формы" сохраняется на протяжении 7-10 дней, а затем сходство формы гистограмм, расположенных в определенной последовательности, становится примерно равным сходству формы гистограмм, взятых в случайной последовательности.

Мы неоднократно на протяжении ряда лет пытались найти более детальные временные закономерности изменения формы гистограмм. При этом мы искали околосуточные, примерно часовые и т. п. периоды. Некоторые результаты этих поисков опубликованы /23, 24/, но пожалуй, основной результат этих поисков состоит в том, что нам не удавалось найти четких, воспроизводимых временных закономерностей изменения формы гистограмм. Однако летом 1986 г. было замечено, что эти неудачи, возможно, обусловлены неправильным направлением поисков, допущением характерных периодов изменения формы, попытками связать эти изменения с суточным ходом времени, т. е. вращением Земли вокруг своей оси, или сезонами, т. е. движением Земли по околосолнечной орбите. В то же время движение Луны - ее высота относительно горизонта и фазы для земного наблюдателя представляются весьма сложными и не сводятся к правильным периодам. Первые результаты сопоставления изменений формы гистограмм с положением Луны относительно горизонта представлены в следующем разделе.

8. ФОРМА СПЕКТРОВ АМПЛИТУД МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ КОРРЕЛИРУЕТ С ПОЛОЖЕНИЕМ ЛУНЫ ОТНОСИТЕЛЬНО ГОРИЗОНТА *

В ходе непрерывных многомесячных измерений с 1-мин интервалами интенсивности α -распада препаратов ^{239}Pu со средней активностью около 500 имп/мин была обнаружена корреляция формы гистограмм – спектров амплитуд флукутаций – с положением Луны относительно горизонта. Измерения проводили посредством установок, сконструированных и изготовленных В.А.Коломбетом и А.С.Данским и состоящим из полупроводникового детектора, предусилителя, компьютера и магнитофона. Результаты измерений с магнитной ленты переводились в дальнейшем в банк данных ЭВМ. Одновременно измерения проводили на двух или четырех установках

Как отмечено ранее /24/, форма гистограмм изменяется за время порядка 10 мин. Поэтому последовательные гистограммы, соответствующие 60-мин длительностям измерений, как правило, сильно отличаются друг от друга по форме. Однако эти отличия не являются "чистой игрой случая" – форма гистограмм, построенных по синхронным измерениям на разных установках, в том числе в Пушине и на Беломорской биостанции МГУ (широта Полярного круга), бывает достоверно сходной и сами изменения формы последовательных гистограмм образуют серии переходящих друг в друга фигур.

Оказалось, что в этой сложной картине имеется закономерность: форма гистограмм, построенных по измерениям α -распада ^{239}Pu одинакова во время захода или восхода Луны, происходящих в разное время суток в разные последовательные дни. Это видно на рис. 55, где для иллюстрации схождения формы совмещены гистограммы, построенные по 60 измерениям в периоды восходов и последующих заходов Луны в мае и июне 1986 г. При этом в пяти парах из восьми сходство формы гистограмм зеркальное, т. е. большим величинам одной гистограммы соответствуют меньшие величины другой. Аналогичные результаты получены в измерениях в августе, сентябре, октябре и декабре 1986 г.

Количественная оценка схождения формы таких гистограмм сделана Н.В.Удальцовой по предложенному ею критерию – величине коэффициента корреляции R , вычисляемого для двух сравниваемых гистограмм после вычитания из них соответствующих кривых нормального распределения. Было выбрано 49 пар гистограмм в периоды ближайших восходов и заходов Луны в октябре и ноябре 1986 г. Среднеарифметическая величина коэффициента корреляции для них равнялась $\bar{R}_1 = 0,59 \pm 0,013$ (указано стандартное отклонение для среднего из 49 значений). При сопоставлении форм этих

* Этот раздел соответствует статье С.Э.Шноля, направленной в журнал "Биофизика" в январе 1987 г.

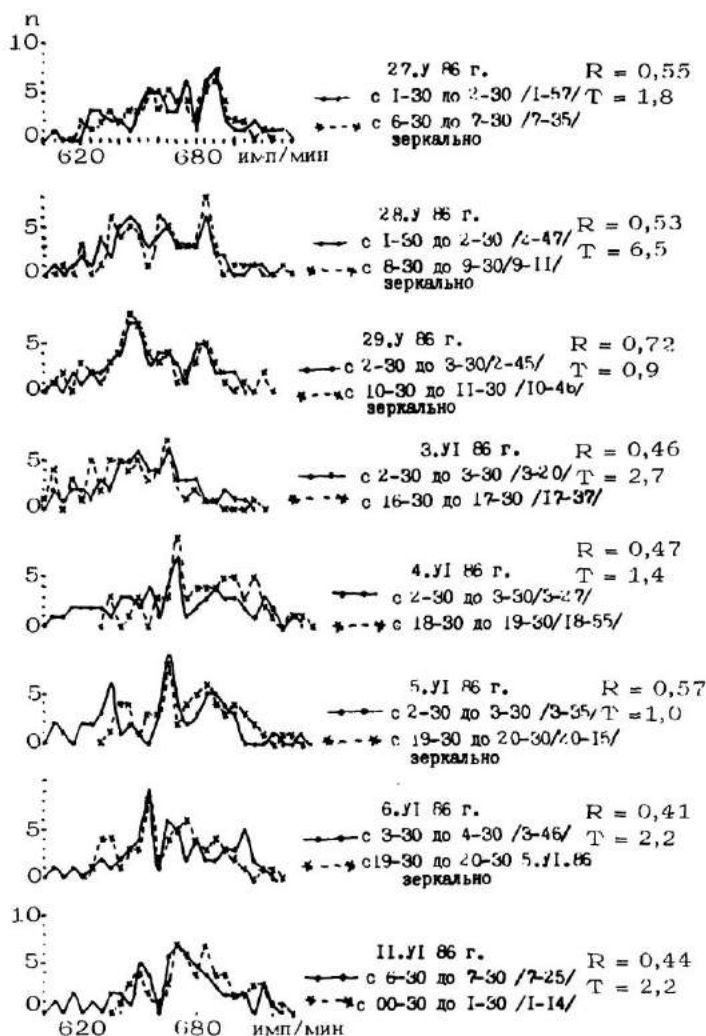


Рис. 55. Формы гистограмм, построенных по 60 измерениям активности препарата ^{239}Pu , сходны в периоды восходов и следующих за ними заходов Луны. Указаны дата и время проведения измерений, а в скобках время восхода или захода Луны. Также указаны значения корреляционного критерия R и эмпирического критерия Карпова T . 90%-е доверительные интервалы для значений критериев R и T : $R > R_{0,9} = 0,51$; $T < T_{0,9} = 2,3$ получены посредством моделирования гистограмм на ЭВМ

же гистограмм во всевозможных попарных сочетаниях (всего 2628 пар) $\bar{R}_2 = 0,54 \pm 0,007$. Когда же были взяты гистограммы подряд на протяжении трех суток, а не только в периоды восхода и захода Луны, то такое сопоставление во всевозможных сочетаниях (2485 пар) дало величину $\bar{R}_3 = 0,45 \pm 0,007$. Полученные величины $\bar{R}_1 > \bar{R}_2 > \bar{R}_3$ с доверительной вероятностью $P > 0,99$ (по критерию Стьюдента) отличаются друг от друга. Следовательно, формы гистограмм в периоды ближайших восходов-заходов Луны более сходны, чем при случайном сочетании тех же гистограмм, а сходство гистограмм в периоды восходов-заходов даже в случайных сочетаниях достоверно выше, чем при других положениях Луны относительно горизонта.

Аналогичные результаты не только для восходов и заходов, но вообще для равных высот Луны над горизонтом готовятся к публикации.

Полагая, как и раньше, наиболее актуальной задачу установления достоверной феноменологии, мы воздержимся от интерпретации обнаруженных явлений. Различие методов регистрации процессов разной природы, автоматический режим измерений, особое внимание к соблюдению "Принципа прочих равных условий", независимость измерительных установок на весьма больших расстояниях, большой объем измерений – все это позволяет прийти к выводу, что к космофизическим факторам, определяющим МФ, относится также влияние Луны. Наиболее вероятно, что это влияние по природе гравитационное. В таком случае изменения формы гистограмм во времени отражают изменения "гравитационной обстановки", наиболее существенным компонентом которой является положение Луны относительно Земли и Солнца.

Более подробно изложение результатов этих исследований будет дано в специальной публикации.

9. МАКРОСКОПИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ В РЕЗУЛЬТАТАХ ИЗМЕРЕНИЙ МАСС И БЕЗРАЗМЕРНЫХ КОНСТАНТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ *

9.1. О существовании единой системы дискретных значений в результатах измерений различных физических величин. МФ как переходы между уровнями этой системы. Как отмечено выше, распределение величин $\delta\%$ представляет собой дискретный спектр. Оказалось, что в большем числе случаев относительные дисперсии (т. е. $(\delta\%)^2$) кратны некоторой величине D_0 , равной $0,00064 \pm 0,00001$. Таким образом, каждому пику спектра амплитуд МФ можно поставить в соответствие номер "n", т. е. $(\delta\%)^2 = n \cdot D_0$. Интенсивность различных пиков этого спектра неодинакова: пики с $n = 4, 9, 16, 25$ и некоторые другие заметно выше соседних пиков /31, 50, 51/.

* Этот раздел написан В.А.Коломбетом.

Одна из естественных гипотез, объясняющая "квантование" дисперсий, состоит в том, что МФ складываются из отдельных "элементарных МФ-процессов", каждый из которых характеризуется дисперсией D_0 , при этом дисперсия оказывается суммой "n" одинаковых дисперсий D_0 .

Повышенная интенсивность определенных состояний спектра дисперсий (амплитуд) указывает на то, что "элементарные МФ-процессы" довольно часто оказываются синхронными ("синфазными"). В этом случае суммируются уже не дисперсии ($\epsilon\%$)², а сами амплитуды МФ - $\epsilon\%$. При этом два "элементарных" процесса приводят к процессу, характеризующемуся дисперсией $4D_0$, три - $9D_0$ и т.д., что и приводит к увеличению интенсивности тех же состояний, что и в эксперименте. Для описания всех состояний спектра дисперсий потребовалось всего 5-6 "элементарных МФ-процессов" /31, 51/.

Эта простая модель ничего не говорит о происхождении самого "элементарного МФ-процесса" и величины D_0 . Поскольку расщепления, получаемые при МФ, аналогичны для различных процессов /31/, естественно было предположить, что МФ имеют весьма общую природу. Это предположение подтвердилось. Было показано, что D_0 численно связана с безразмерной фундаментальной константой α -постоянной тонкой структуры или постоянной Зоммерфельда, характеризующей интенсивность электромагнитного взаимодействия. Оказалось, что $D_0 = 0,00064(1) = \alpha^2 2,99(1)/2$ т. е. $D_0 = \alpha^{3/2}$ в пределах экспериментальных ошибок /31, 50, 51/.

Представление о существовании "элементарного МФ-процесса" с характеристикой D_0 и формула $D_0 = \alpha^{3/2}$ послужили отправной точкой для построения феноменологической теории /31, 51, 52/, учитывающей эти особенности МФ. В этой теории величина D_0 оказалась одним из элементов множества величин D_x , где $D_x = \alpha_x^{3/2}$, а α_x - безразмерные константы, аналогичные α .

Величины α_x^{-1} вычисляются из формулы $\alpha_x^{-1} = (m_x/m_e)^{2/3}$, здесь m_x - масса объекта, например элементарной частицы, а m_e - масса электрона.

В настоящее время мы можем заключить, что МФ представляют собой широкораспространенное физическое явление. Флуктуируют результаты измерения скоростей химических реакций, электрофоретическая подвижность, характерные времена некоторых радиофизических процессов, радиоактивность и время спин-спиновой релаксации протонов воды /31/. Флуктуируют также результаты измерений скоростей биохимических реакций, результаты измерения безразмерных констант взаимодействий и результаты определений массы тела /31, 51/.

Для второй группы перечисленных физических величин удалось показать не только качественное сходство их макроскопических флуктуаций, но и найти количественный критерий этого сходства.

Во всех этих случаях проявляется выделенность $\alpha_x^{3/2}$: измеряемая величина принимает дискретные значения, отстоящие друг от друга на величину, являющуюся простой функцией от $\alpha_x^{3/2}$. Это утверждение иллюстрируется ниже на ряде примеров. Показано, что спектры среднеквадратичной погрешности измерений масс элементарных частиц дискретны. Эти дискретные спектры представляют собой систему пиков, аналогичную системе пиков спектра амплитуд МФ. Переходы между этими дискретными состояниями проявляются как макроскопические флуктуации масс элементарных частиц. Ту же самую систему состояний можно наблюдать в результатах измерений масс макроскопических тел /31, 51/.

Из существования дискретных состояний и МФ масс и из обнаруженной связи между массами (m_x) и величинами безразмерных констант α_x вытекает, что должна существовать система дискретных состояний в результатах измерений величин α_x , в частности величины α . Более того, можно вычислить положение дискретных уровней величины α и амплитуду дискретных переходов между этими уровнями макроскопических флуктуаций. Рассмотрение большого массива результатов измерений постоянной α , проведенных за 4 последних десятилетия различными исследователями, подтвердило этот вывод: наблюдаемые уровни и переходы между ними полностью совпадают с расчетными.

Согласно логике нашего исследования должны существовать "обобщенные" МФ, где роль α выполняет величина α_x , лишь в частном случае равная α . Существование таких флуктуаций удалось показать на примере рассмотрения совокупности измерений массы протона: в этом случае наблюдаются "протонные" дискретные состояния и, соответственно, "протонные" МФ. Роль α в этом случае играет α_p , где $\alpha_p^{-1} = (m_p/m_e)^{2/3}$.

Таким образом, макроскопические флуктуации представляют собой фундаментальное физическое явление, проявляющееся в результатах измерений различных физических величин.

9.2. О связи понятий "масса" и "безразмерная константа взаимодействия". Как известно, установление связи $E = mc^2$ между массой и энергией привело к стиранию резкой границы между этими двумя физическими понятиями. Удастся показать, что нет резкой границы также и между массой и безразмерной константой взаимодействия α_x .

В работе /50/ были введены величины $(m_x/m_e)^{2/3}$, где m_e - масса электрона, m_x - масса тела "x". Когда m_x не слишком превышает величину m_e (в случае масс легких атомных ядер и элементарных частиц), величины $(m_x/m_e)^{2/3}$ проявляют тенденцию к целочисленности /50, 51/. Так, массе протона соответствует число $(m_p/m_e)^{2/3} = 149,9447(3)$, массе нейтрона - $(m_n/m_e)^{2/3} = 150,0581(3)$ и т.д.

На основании анализа большого массива разнообразных экспериментальных данных удалось показать, что, в сущности, величины

$(m_x/m_e)^{2/3}$ представляют собой безразмерные константы α_x^{-1} , характеризующие интенсивность взаимодействий, вполне аналогичные постоянной α^{-1} . Известная "квазицелочисленность" α^{-1} ($\alpha^{-1} = 137,03598\dots$) является поэтому не случайностью, а представляет собой рядовое проявление тенденции величин α_x^{-1} к целочисленности. При этом каждому из фундаментальных взаимодействий (электромагнитному, гравитационному, слабому и т. д.) можно поставить в соответствие не одну безразмерную константу, а итерационную процедуру над безмерными константами. Итерационные процедуры, соответствующие различным взаимодействиям, оказываются частными случаями одной, обобщенной соответствующей некому "единому" взаимодействию. Массы частиц и ряда других объектов оказываются изображениями величины $\alpha_x^{-1} = f/\alpha$, полученными с помощью этих итераций. Особенности функций, с помощью которых реализуются итерации, соответствуют частицы с аномальными (не близкими к целым числам) величинами α_x^{-1} .

В этой картине особенному случаю $\alpha_x^{-1} = \alpha^{-1}$ должна соответствовать частица (si) с массой $m_{si} = m_e \cdot \alpha^{-3/2}$ (около 820 МэВ) /50/. Такая частица до сих пор не найдена и в таблицах элементарных частиц для нее не существует соответствующей строки. В следующем параграфе показано, что в этих таблицах частица с массой m_{si} вписана "между строк".

9.3. Макроскопические флуктуации результатов измерений масс. На рис. 56 изображены возведенные в степень $2/3$ величины среднеквадратичных погрешностей измерений масс элементарных частиц (по /53/); для построения рисунка взяты все частицы, массы которых измерены достаточно точно. Ось абсцисс на рисунке введена только для наглядности, вдоль нее частицы расставлены через равные промежутки в порядке возрастания относительной погрешности измерения массы. Как видно из рисунка, значение, близкое к $\alpha^{3/2}$, является запрещенным.

На рис. 57 рассмотрено значительно более широкое множество элементарных частиц. Оси, как и на предыдущем рисунке. Исходные данные взяты из обзора /81/. Видна система запрещенных состояний, приближенно соответствующих величинам $1 \cdot \alpha^{3/2}$, $4 \cdot \alpha^{3/2}$, $9 \cdot \alpha^{3/2}$, $16 \cdot \alpha^{3/2}$... Это как раз те состояния $n^2 \cdot D_0$, повышенная интенсивность которых в спектре дисперсий макроскопических флуктуаций привела к гипотезе о возможности "синфазной" суперпозиции "элементарных МФ-процессов" (см. п. 9.1).

Макроскопические флуктуации являются помехой на пути увеличения точности измерений. Не исключено, что в соответствии с традиционной статистической обработкой результатов при измерении масс элементарных частиц производится отбрасывание результатов, содержащих МФ: во всех других случаях МФ соответствующим разрешенным переходам.

Рассмотрим измерения масс макроскопических тел. На рис. 58

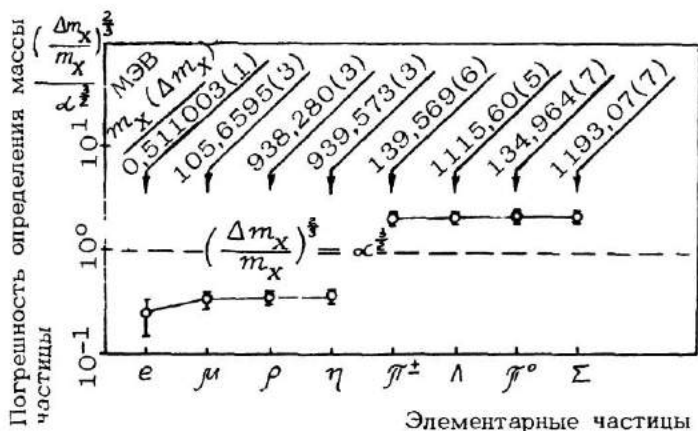


Рис. 56. В спектре погрешностей измерений масс элементарных частиц проявляется "запрещенное состояние" $\epsilon_m/m \approx \alpha^{9/4}$, соответствующее флуктуациям с относительным изменением масс, близким к $3,1 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot \alpha^{9/4}$. Для каждого значения $(\epsilon_m/m)^{2/3}$ указана неопределенность, связанная с округлением последней значащей цифры в ϵ_m . Исходные данные взяты из /53/

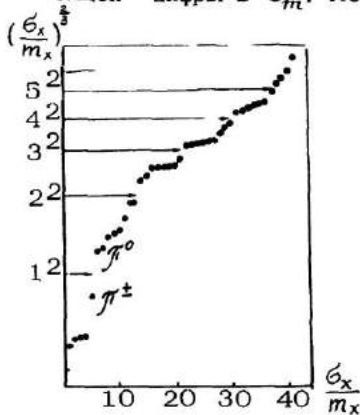
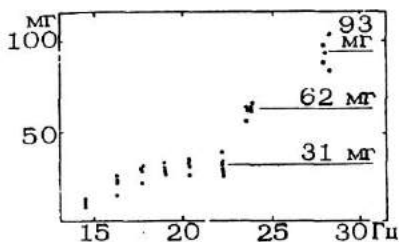


Рис. 57. Дискретность спектра относительных погрешностей измерений масс элементарных частиц. По оси абсцисс частицы расставлены в порядке возрастания относительных погрешностей изменений их масс; по оси ординат поставлены сами величины относительных погрешностей, возведенные в степень $2/3$, то есть переведенные в особый для масс масштаб. Значения $D_0 (\equiv \alpha^{3/2})$, $4D_0$, $9D_0$, $16D_0$, $25D_0$ и, возможно, некоторые другие являются запрещенными. Наиболее точно измеренные массы – массы электрона, протона,

нейтрона и мюона. Погрешность их измерения приближается к величине $(\alpha/\pi)^{3/2}$. Выделенность величин $\alpha^{3/2}$ и $(\alpha/\pi)^{3/2}$ следует из изложенной в /52/ модели

изображены результаты типичного опыта по наблюдению дискретных переходов при взвешивании грузов на специальных весах /54/ с вибрациями коромысла весов; один из взвешиваемых грузов расположен на стальной нити, второй – на резиновом жгуте. На рассматриваемом рисунке по оси абсцисс – частота вибраций, по оси ординат – приращение регистрируемой разности весов грузов, т. е. величина отклонения стрелки весов. Видно, что в ходе

Рис. 58. Дискретные состояния в опытах со взвешиванием груза на весах с вибрируемой центральной призмой. По оси абсцисс — частота вибраций, по оси ординат — абсолютная погрешность измерения — величина наблюдавшегося дискретного изменения показаний весов. Взвешиваемый груз — 620 г, результаты пересчитаны на груз 1 кг /54/



опыта удалось зарегистрировать 4 дискретных состояния и три перехода между ними. Величина перехода составляет $3,1 \cdot 10^{-5}$ от измеряемой массы /55/.

Представим себе, что существуют 2 дискретных уровня и из-за переходов под влиянием неконтролируемых воздействий каждый из уровней при измерениях проявляется с равной вероятностью. Для таких флуктуаций среднеквадратичное отклонение равно половине расстояния между уровнями. Считая, что это 2 дискретных уровня, проявившихся при измерении массы и учитывая свойственный шкале масс масштаб "степени 2/3", переведем величину среднеквадратичного отклонения в масштаб "степень 2/3". Получается число 0,00062, что прекрасно совпадает с величиной $\alpha^{3/2} = 0,000623 \dots$

Таким образом, при измерениях масс макроскопических тел можно наблюдать те же макроскопические флуктуации, что и наблюдаемые при измерениях масс элементарных частиц. Подробнее этот вопрос разобран в наших работах /31, 51/.

9.4. Макроскопические флуктуации результатов измерений постоянной тонкой структуры. Поскольку (см. п. 9.2) величины m_X подвержены макроскопическим флуктуациям, можно ожидать проявления МФ и в результатах величин α_X , в частности α . Вычислим спектр особых значений погрешности измерения постоянной тонкой структуры. Для этого сначала заметим, что на основании соотношения $(m_X/m_e)^{2/3} = \alpha_X^{-1}$ можно потребовать, чтобы постоянной α^{-1} соответствовала некоторая масса m_{Si} . Эта масса должна претерпевать МФ, характеризуемые величиной среднеквадратичной погрешности δ , удовлетворяющей соотношению

$$\left(\frac{\delta}{m_{Si}}\right)^{2/3} = n \cdot \alpha^{3/2}.$$

Величина δ характеризует погрешность измерения массы, нам же нужно вычислить погрешность измерения величины α^{-1} , являющейся степенью 2/3 от массы. Это значит, что относительному приращению величины m_{Si} от 1 до $1+\delta$ соответствует относительное приращение α от 1 до $(1+\delta)^{2/3}$, а поскольку δ мало по сравнению с 1, то относительное приращение α^{-1} составляет

$2/3 \delta$, т. е. $2/3 \cdot (n \cdot \alpha^{3/2})^{3/2}$, а абсолютное — $2/3 \cdot \alpha^{-1} \cdot (n \cdot \alpha^{3/2})^{3/2}$ или $\delta_{\alpha^{-1}} = 2/3 \cdot n^{3/2} \alpha^{5/4}$.

Поскольку расстояние между дискретными уровнями вдвое превышает величину среднеквадратичной погрешности, то они описываются формулой $\Delta_{0,n} = 4/3 \cdot n^{3/2} \cdot \alpha^{5/4}$, где $\Delta_{0,n}$ — расстояние от нулевого до n -го уровня.

На рис. 59 приведены значения постоянной α^{-1} , рекомендованные к использованию в физических исследованиях. Эти значения были получены в результате согласования измерений α^{-1} , проведенных различными авторами /56/. С течением времени рекомендованные значения заметно изменялись, причем изменение могло заметно превышать величину найденной экспериментальной погрешности. С 1968 года заметного изменения рекомендуемой величины α^{-1} нет. Примем это значение α^{-1} за окончательно установленное, то есть за нулевой уровень системы дискретных уровней " $n \cdot \alpha^{3/2}$ ". Тогда можно рассчитать значения α^{-1} , соответствующие уровням " $n \cdot \alpha^{3/2}$ " при $n \neq 0$.

Из рис. 59 видно, что в ходе уточнения величины α^{-1} проявились дискретные уровни с $n=1$ и $n=2$ и переходы между ними. Оба крупноамплитудных дискретных перехода точно совпадают

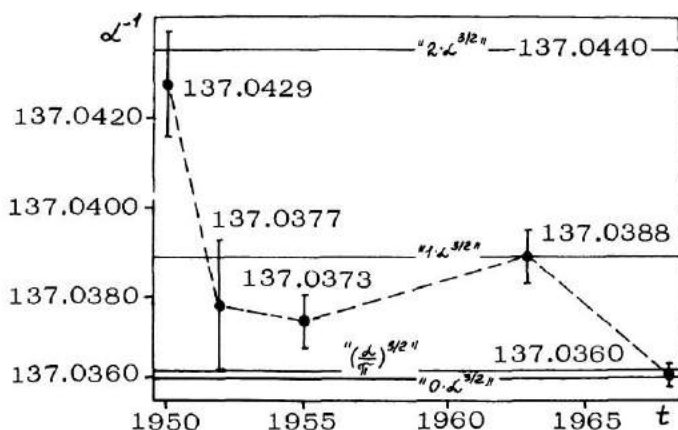


Рис. 59. Дискретный характер уточнения постоянной тонкой структуры. Расположение экспериментальных точек согласуется с гипотезой о существовании особых дискретных флуктуаций " $\alpha^{3/2}$ ". Три правые точки несколько смещены вниз относительно системы разрешенных значений, тем не менее, величина крупноамплитудного перехода 137.0429–137.0377 прекрасно соответствует расстоянию между уровнями " $2 \cdot \alpha^{3/2}$ " и " $1 \cdot \alpha^{3/2}$ "; отсюда можно предположить, что эти три точки смещены вниз за счет тривиальной систематической погрешности /56/

с расстояниями между предсказанными дискретными уровнями: для перехода между нулевым и первым уровнями это очевидно (см. рис. 59), а для перехода " $1 \cdot \alpha^{3/2} - 2 \cdot \alpha^{3/2}$ ", где есть вклад, вероятно, тривиальной систематической погрешности, это видно из сравнения разностей $137,0440 - 137,0388 = 0,0052$ и $137,0429 - 137,0377 = 0,0052$. Замечательна точность совпадения расчетных и экспериментальных величин при относительно широком диапазоне предполагаемых погрешностей измерений. Такая точность не случайна: в погрешностях измерений ($\epsilon_{\alpha^{-1}}/\alpha^{-1}$), в свою очередь, скрыты макроскопические флуктуации.

На рис. 60 приведены значения многочисленных экспериментальных определений $\epsilon_{\alpha^{-1}}$. Ось абсцисс, как на рис. 56 и 57. Штриховыми линиями показаны расчетные уровни " $n \cdot \alpha^{3/2}$ ". Из рассмотрения рисунка можно с уверенностью вывести заключение о существовании системы предсказанных особенных значений α .

Обращает на себя внимание "незаконный" уровень " $(\pi/\alpha)^{3/2}$ ". Он выражен достаточно четко и, кроме того, с ним совпадает значение, отмеченное на рисунке зачерненным кружком. Это - рекомендованное на сегодняшний день группой по фундаментальным константам (КОДАТА) значение $\epsilon_{\alpha^{-1}}$. Существование уровня " $(\pi/\alpha)^{3/2}$ " свидетельствует о возможности существования не

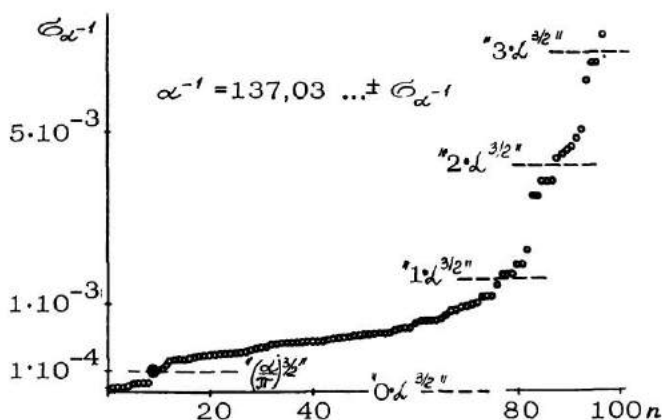


Рис. 60. Значения среднеквадратичной погрешности измерений постоянной α^{-1} (по литературным данным). Ось абсцисс введена для осуществления "развертки", вдоль нее результаты погрешности измерений ($\epsilon_{\alpha^{-1}}$) построены согласно номерам, которые они приобретают при упорядочивании совокупности значений $\epsilon_{\alpha^{-1}}$ в возрастающую последовательность. Видна тенденция к расположению точек в окрестностях расчетных уровней, выделенных горизонтальными штриховыми линиями. Черный кружок - рекомендованное группой КОДАТА значение среднеквадратичной погрешности $\epsilon_{\alpha^{-1}}$.

только флуктуаций типа " $n \cdot \alpha^{3/2}$ ", но и "обобщенных" МФ типа " $n \cdot \alpha_x^{3/2}$ ", где α_x не обязательно совпадает с α . Проявившееся на рис. 60 значение $\alpha_x^{-1} = \eta/\alpha$ играет центральную роль в модели, изложенной в /31/.

9.5. Обобщенные макроскопические флуктуации. Гипотеза о существовании "обобщенных" МФ подтверждается при рассмотрении результатов измерения массы протона (рис. 61).

Построение рисунка произведено аналогично рис. 59: на рисунок, взятый из соответствующего обзора /81/, наложены уровни " $n \cdot \alpha_x^{3/2}$ " при $\alpha_x = \alpha p \equiv (m_e/m_p)^{2/3}$ и $\alpha_x = \alpha$. За нулевой уровень взято последнее, уже долгое время существенно не изменяющееся значение, по-видимому, близкое к окончательному. Как и в случае с постоянной тонкой структуры α , расчетные уровни (на этот раз уровни " $n \cdot \alpha_p^{3/2}$ ") с удивительной точностью совпали с рекомендованными экспериментальными значениями. По-видимому, и в этом случае в экспериментальный разброс результатов существенный вклад вносят макроскопические флуктуации.

Итак, можно сделать вывод, что в результатах измерений масс и безразмерных констант взаимодействий наблюдаются одни и те же дискретные квантовые состояния и переходы между этими состояниями – макроскопические флуктуации. Безразмерной характеристикой этих флуктуаций является величина $\alpha_x^{3/2}$: в изученных случаях оказывается, что чаще всего $\alpha_x = \alpha$, где α – постоянная тонкой структуры.

Поскольку $n \cdot \alpha^{3/2} = n(m_e/m_x)$, то МФ представляют собой изменения n в выражении $n \cdot (m_e/m_x)$. Естественно предположить, что МФ обусловлены тем, что в экспериментах участвует не m_x , а $m_x + n \cdot m_e$; тогда относительное изменение составляло бы $(m_x + n \cdot m_e)/m_x$, а изменяющаяся часть – $n \cdot (m_e/m_x)$. Однако при измерениях массы этот член проявляется в степени $3/2$: $2 \cdot (n \cdot \alpha^{3/2})^{3/2} = 2 \cdot (n \cdot m_e/m_x)^{3/2}$. Кроме того, как показано на рис. 60, уменьшение n приводит не к уменьшению регистрируемой массы, а к ее увеличению.

Наблюдаемое уменьшение m_x с увеличением n может означать, что часть массы m_x тратится на процессы, близкие к рождению пар. Однако остается непонятным, какой механизм может обеспечить одновременность таких процессов в макрообъемах. Поскольку МФ проявляется практически одинаково и в микро-, и в макромире, и в физических, и в биологических процессах, то вряд ли возможно объяснить МФ частными свойствами изучаемых систем.

В этой связи возможно допустить, что наблюдаемые дискретные изменения обусловлены изменениями направления или темпа времени, определенного, например, по Пригожину /57/. Сходная интерпретация была дана в работе /55/ для материала, представленного на рис. 58. Возможность обращения направления времени в простых механических системах широко известна. Например, в работе /58/ рассмотрена ситуация, когда вблизи частицы x про-

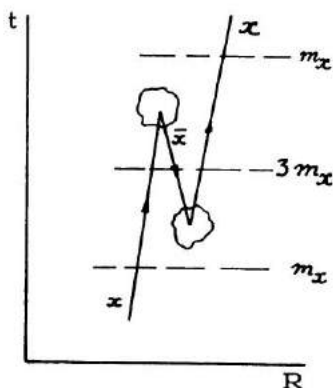
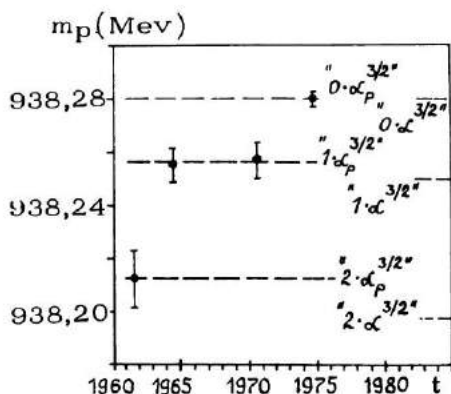


Рис. 61. Дискретный характер уточнения величины массы протона. Величина наблюдаемых дискретных состояний массы протона согласуется с гипотезой о существовании особых "протонных" флуктуаций $n \cdot \alpha_p^{3/2}$. Для сравнения в правой части рисунка приведены соответствующие состояния системы уровней $n \cdot \alpha_p^{3/2}$, они не могут успешно конкурировать с состояниями $n \cdot \alpha_p^{3/2}$ /81/

Рис. 62. Возможная интерпретация флуктуаций $n \cdot \alpha_x^{3/2}$ при $\alpha_x = 1$. Переход $0 \cdot \alpha_x^{3/2} \longleftrightarrow 1 \cdot \alpha_x^{3/2}$ при $\alpha_e = 1$ сопровождается изменением массы на $2m_x$. Такое же изменение массы наблюдается в процессе, изображенном на рисунке. Рождению пары "частица x - античастица $\bar{x}$ " соответствует переход $0 \cdot \alpha_x^{3/2} \rightarrow 1 \cdot \alpha_x^{3/2}$. Аннигиляции исходной частицы и античастицы соответствует переход $1 \cdot \alpha_x^{3/2} \rightarrow 0 \cdot \alpha_x^{3/2}$. Изображенный процесс можно рассматривать как сложное движение одной частицы в пространстве - времени (см. направление стрелок); часть траектории частицы соответствует "движению вспять по времени" /58/

исходит рождение пары x - анти- x и затем аннигиляция античастицы с исходной частицей (рис. 62). Эту ситуацию согласно /58/ можно интерпретировать иначе: в некоторый момент частица x поворачивает и движется вспять по времени, а затем снова восстанавливает обычное движение.

В ходе этого процесса регистрируемая масса частицы принимает значение m_x , $3m_x$ и m_x . Переход $m_x \longleftrightarrow 3m_x$, наблюдаемый в результатах измерения массы m_x , можно интерпретировать как переход $0 \cdot \alpha_x^{3/2} \longleftrightarrow 1 \cdot \alpha_x^{3/2}$ при $\alpha_x = \alpha_e = 1$, т. е. в случае "электронных" МФ. Действительно, в этом случае

$$\frac{\Delta m_x}{m_x} = 2 \cdot \alpha_x^{9/4} = 2, \text{ т. е. } \Delta m_x = 2m_x.$$

10. ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на длительный срок исследования макроскопических флуктуаций в процессах разной природы /1-24, 66-68/, мы все еще не понимаем их сущность. Гипотезы первых лет, объясняющие макроскопические флуктуации колебательными процессами в химических и биологических системах, конформационными колебаниями макромолекул, синхронизирующихся при взаимодействии через воду в режиме полиморфных переходов в критических условиях /6-9, 15/ - все они оказались недостаточно общими в связи с обнаружением макроскопических флуктуаций в явлениях радиоактивного распада, в электрических и магнитных свойствах разных объектов /20, 23, 24/. Универсальность феномена макроскопических флуктуаций приводит к предположению о весьма общей причине, их вызывающей. Основным проявлением макроскопических флуктуаций можно считать дискретные гистограммы характерной формы /23/. Поскольку форма гистограмм измерений хода разных процессов изменяется одновременно на больших расстояниях, естественно предположение, что эта общая причина имеет глобальный, космический масштаб.

Одной из первых естественных гипотез является предположение об электромагнитных полях как посредниках космических явлений. Такое предположение следует из многих работ, посвященных выяснению солнечно-земных связей /33, 45, 59-65/. Именно эти, в значительной степени традиционные, представления послужили основой для начала исследований влияния электромагнитных полей на ход макроскопических флуктуаций. Как видно из представленных экспериментальных результатов, экраны из различных материалов изменяют форму получаемых гистограмм. Но уже в первых опытах 1966-1968 гг. мы увидели сходство влияния чугунного и водяного экранов /8/. Это в сущности исключало предположение об электромагнитной природе наблюдаемых эффектов. Мы вновь тщательно исследовали этот вопрос в 1976-1980 гг. Как показано выше, наблюдаемые эффекты и в самом деле не определяются материалом экранов - пермаллой, железо, медь, алюминий влияют в принципе одинаково. В этой связи особый интерес представляет влияние видимого и инфракрасного света. Следует отметить, что, как следует из результатов специальных опытов, свет не является причиной макроскопических флуктуаций в растворах белков /8/.

Макромолекулы белков являются "индикаторами" макроскопических флуктуаций, происходящих и без них в водных растворах. Качество, "чувствительность" этих "индикаторов", зависит от ряда условий, например pH. При освещении, по-видимому, происходит изменение "индикаторных" качеств макромолекул белков. Так, в опытах В.В.Рыбиной кратковременное, 5-секундное, освещение раствора белка на длительный срок (десятки минут) увеличи-

вало амплитуду макроскопических флуктуаций титра SH-групп /14/. Эти изменения свойств макромолекул белков при освещении и проявляются, по-видимому, в изменениях формы гистограмм, описанных выше.

Сомнения в роли электромагнитных полей в качестве посредников между космической "силой", "причиной", вызывающей макроскопические флуктуации, не уменьшает ценности поиска корреляции между проявлениями макроскопических флуктуаций и характеристиками космофизической обстановки.

Одним из наиболее четких проявлений такой корреляции оказалась связь средней за год амплитуды макроскопических флуктуаций и чисел Вольфа. Однако эта корреляция не означает более тесную временную связь макроскопических флуктуаций и проявлений солнечной активности. Это видно из рис. 11, где сопоставлена амплитуда макроскопических флуктуаций и чисел Вольфа в более детальном временном масштабе. Солнечная активность является лишь общей характеристикой околоземной космической среды, а детальные изменения действительной причины макроскопических флуктуаций идут по своим законам. Такой же общей характеристикой космофизической обстановки является и смена знака межпланетного магнитного поля. Главный вывод из обнаруженной корреляции 6 % макроскопических флуктуаций и смены знака ММП заключается в том, что изменения "причины" макроскопических флуктуаций распространяются с релятивистской скоростью, а солнечный ветер с магнитным полем соответствующего знака достигает Земли через двое и более суток.

Из весьма большой работы, выполненной в нашей лаборатории в связи с солнечным затмением 1981 г., самым общим является вывод о связи наблюдаемых процессов с непосредственной "видимостью" Солнца. Основанием для такого вывода являются достоверные изменения изучаемых процессов при закатах и затмении Солнца.

Проявления МФ, по-видимому, сопряжены с вращением Земли вокруг своей оси – наблюдается сходный суточный ход изменений скорости реакции АК + ДХФИФ в разных географических пунктах. МФ осуществляются по-разному в разные годы, сезоны, месяцы, дни и на разных географических широтах. Однако потребуется еще очень большая работа для выяснения соответствующих закономерностей.

Как отмечено выше, в поисках "причины" МФ был совершен последовательный переход от представлений об особых свойствах белков мышц, химических и физико-химических процессов к процессам радиоактивного распада и далее до фундаментальных характеристик: масс объектов микромира и универсальных констант.

Это подтверждает наш вывод о весьма общей природе анализируемого явления.

Если попытаться резюмировать наши знания о проявлениях и природе макроскопических флуктуаций, имеющиеся к 1986 г., мож-

но сказать следующее. Макроскопические флуктуации состоят в переходах разных объектов окружающего мира из одного дискретного состояния в другое. В каждый данный период времени существует спектр "разрешенных" дискретных состояний, проявляющийся в виде гистограмм результатов измерений характерной формы. Форма этих спектров различна в разные периоды времени.

Представленная картина свидетельствует о важности выяснения возможной космофизической природы МФ в ходе дальнейшей работы.

Мы благодарны товарищам за помощь в этой работе. В экспериментах, результаты которых послужили материалом для этой работы, на протяжении многих лет принимали участие Т.Я.Брицина, Н.П.Иванова, Л.М.Овчинникова, Т.С.Малова, М.К.Хахулина. В обсуждение результатов существенный вклад внесли Л.Л.Агулова, А.М.Опалинская, Б.М.Владимирский, Е.В.Евдокимов, Е.В.Абрашин.

Особую признательность авторы выражают Л.А.Блюменфельду и Г.Р.Иванищому за ободряющую поддержку и ценное обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шноль С.Э. О самопроизвольных синхронных переходах молекул миозина в растворе из одного состояния в другое. - *Вопр. мед. химии*, 1958, т. 4, с. 443-454.
2. Шноль С.Э., Руднева О.А., Никольская Е.А., Ревельская Т.А. Изменение амплитуды самопроизвольных переходов препаратов актомиозина из одного состояния в другое при хранении препаратов. - *Биофизика*, 1961, т. 6, с. 165-171.
3. Шноль С.Э., Смирнова Н.А. Колебания концентраций SH-групп в растворах актомиозина, актина и миозина. - *Биофизика*, 1964, т. 9, с. 532-534.
4. Шноль С.Э., Гришина В.И. Сложнопериодический характер изменения концентрации различных веществ в крови. - *Биофизика*, 1964, т. 9, с. 376-381.
5. Шноль С.Э. Синхронные конформационные колебания молекул актина, миозина и актомиозина в растворах. - В сб.: *Молекулярная биофизика*, М.: Наука, 1965, с. 56-82.
6. Шноль С.Э. Конформационные колебания макромолекул. - В сб.: *Колебательные процессы в биологических и химических системах*. М.: Наука, 1967, с. 33-41.
7. Четверикова Е.П., Воронова Н.П., Кринская А.В. Колебания скорости и направления реакции образования фосфокреатина, катализируемой АТФ-креатинфосфотрансферазой. - В сб.: *Колебательные процессы в биологических и химических системах*. М.: Наука, 1967, с. 113.
8. Шноль С.Э. Влияние света и свойств внешней среды на амплитуду конформационных колебаний актомиозина. - *Биофизика*, 1969, т. 13, с. 853-860.

9. Шноль С.Э. Спонтанные обратимые изменения ("конформационные колебания") препаратов мышечных белков. Док. дис., Ин-т биофизики АН СССР, Пушкино, 1969.

10. Шноль С.Э., Христова М.Л., Калининченко Л.П. Влияние алифатических спиртов на амплитуду "конформационных колебаний" актомиозина и на скорость поглощения кислорода митохондриями. - В сб.: Свойства и функции макромолекул и макромолекулярных систем. М.: Наука, 1969, с. 89-107.

11. Шноль С.Э. Синхронные в макрообъеме колебания АТФазной активности в концентрированных препаратах актомиозина. - В кн.: Колебательные процессы в биологических и химических системах. Пушкино, ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1971, с. 20-24.

12. Шноль С.Э., Четверикова Е.П. Синхронные в макрообъеме конформационные колебания в препаратах белков актомиозинового комплекса и креатинкиназы. - В сб.: Конформационная подвижность макромолекул. Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1975, с. 27-37.

13. Рыбина В.В., Шноль С.Э. Синхронные конформационные колебания сульфгидрильных групп в растворах белков. Обратимое окисление как возможная причина этого явления. - Биофизика, 1979, т. 24, с. 970-976.

14. Рыбина В.В. Увеличение амплитуды колебаний титра сульфгидрильных групп в растворах креатинкиназы и пируваткиназы при кратковременном освещении инфракрасным светом. - Биофизика, 1979, т. 24, с. 1093-1095.

15. Коломбет В.А., Иванова Н.П., Брицина Т.Я., Шноль С.Э. Спектр макроскопических флуктуаций ферментативной активности креатинкиназы. - Биофизика, 1980, т. 25, с. 213-217.

16. Шноль С.Э., Иванова Н.П., Брицина Т.Я., Коломбет В.А. Макроскопические флуктуации - общее свойство водных растворов различных белков и других веществ. Статистический спектральный анализ макроскопических флуктуаций. - Биофизика, 1980, т. 25, с. 409-416.

17. Шноль С.Э., Брицина Т.Я., Иванова Н.П., Коломбет В.А. Зависимость спектров макроскопических флуктуаций ферментативной активности креатинкиназы от pH-раствора белка. - Биофизика, 1980, т. 25, с. 218-222.

18. Перевертун Т.В., Удальцова Н.В., Коломбет В.А., Иванова Н.П., Брицина Т.Я., Шноль С.Э. Макроскопические флуктуации в водных растворах белков и других веществ как возможное следствие космогеофизических факторов. - Биофизика, 1981, т. 26, с. 604-613.

19. Шноль С.Э., Коломбет В.А., Удальцова Н.В., Перевертун Т.В., Агулова Л.П. Космофизические флуктуации скорости химических и биологических реакций. - В сб.: I Всесоюзный биофизический съезд (Москва, август 1982 г.). Тезисы пленарных докладов. М., 1982, с. 119-120.

20. 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, с. 153–156.

21. Удальцова Н.В., Агулова Л.П., Шноль С.Э. Корреляция амплитуды макроскопических флуктуаций различных свойств водных растворов белков и других веществ с некоторыми космогеофизическими факторами. – В сб.: Физико-химические основы функционирования клеток, Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1983, с. 21–30.

22. Агулова Л.П., Удальцова Н.В., Шноль С.Э. Корреляция макроскопических флуктуаций в биологических и физико-химических процессах с космогеофизическими факторами. – В сб.: Электромагнитные поля в биосфере. Т. 1., М.: Наука, с. 220–224.

23. Шноль С.Э., Намиот В.А., Хохлов Н.Б., Шарáпов М.П., Удальцова Н.В., Данский А.С., Сунгуров А.Ю., Коломбет В.А., Кулеватский Д.П., Темнов А.В., Креславская Н.Б., Агулова Л.П. Дискретные спектры амплитуд (гистограммы) макроскопических флуктуаций в процессах различной природы. Препринт, Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1985.

24. Шноль С.Э. Макроскопические флуктуации с дискретным распределением амплитуд в I/F процессах различной физической природы. – В сб.: Общие проблемы физико-химической биологии. М.: ВИНТИ, 1985, т. 5, с. 130.

25. Евдокимов Е.В. О макроскопических флуктуациях в алкогольдегидрогеназной реакции. – Биофизика, 1984, т. 29, с. 752–756.

26. Абрашин Е.В. Возможное объяснение феномена макроскопических флуктуаций. – Биофизика, 1985, т. 30, с. 40–43.

27. Егоров А.А., Абрашин Е.В. Индуцирование детерминированных биений лактатдегидрогеназы при быстром подогреве. – Биофизика, 1985, т. 30, с. 159–160.

28. Евдокимов Е.В., Плеханов Г.Ф. Кинетические аспекты макроскопических флуктуаций в растворах алкогольдегидрогеназы печени. – Биофизика, 1985, т. 30, с. 977–980.

29. Евдокимов Е.В. Макроскопические флуктуации каталитической активности алкогольдегидрогеназы. – Биофизика, 1986, т. 31, с. 200–203.

30. Ерошов М.Е., Шейнина А.В. Флуктуации выхода газов при радиолизе воды. – Журн. физ. хим., 1986, т. 60, с. 187–191.

31. Коломбет В.А. Попытка феноменологического синтеза спектра масс и спектра безразмерных констант взаимодействий. Крупноамплитудные флуктуации результатов метрологических и биохимических измерений. Деп. ВИНТИ, № 2388–В–86.

32. Космические лучи и солнечный ветер. Под ред. Г.В.Шафера. Новосибирск: Наука, 1981, 221 с.

33. Влияние солнечной активности на атмосферу и биосферу Земли. Ред. М.Н.Гневывшев, А.И.Оль. М.: Наука, 1971, 259 с.
34. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976.
35. Солнечная и солнечно-земная физика. Иллюстрированный словарь терминов. М.: Мир, 1980.
36. Сидякин В.Г., Темурьянц Н.А., Макеев В.Б., Владимирский Б.М. Космическая экология. Киев; Наукова думка, 1985, 176 с.
37. Мансуров Г.С., Мансуров С.И., Мансурова Л.Г., Бородин Б.Е. Оценка достоверности солнечно-земных связей по данным о секторной структуре межпланетного магнитного поля с использованием Т-критерия в методе наложенных эпох. Препринт № 17 (428), М., ИЗМИРАН, 1983.
38. Пагурова В.И. Критерий сравнения средних значений по двум нормальным выборкам. М.: ВЦ АН СССР, 1968.
39. Бородин С.И. Система приборов лабораторной автоматики (СПЛАВ). - В сб.: 2-я Всесоюзная конференция по комплексной автоматизации и механизации технологических процессов в химико-фармацевтической промышленности 5-7 февраля 1974 г. Ленинград: Изд-во Мин-ва медицинской промышленности, 1974, 54 с.
40. Данович Т.В. Пакет программы "Сервис" для обслуживания архива данных на магнитных лентах. Препринт, Пушкино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1983.
41. Космические данные. Месячный обзор. М.: Наука, 1982, № 6-8, июнь-август, 1981.
42. Глыбин Л.Я. Проблема биологических часов. Новые данные о закономерностях суточного хода изменений состояния организма человека. - Биофизика, 1985, т. 30, с. 717-720.
43. Удальцова Н.В. Об отнесении макроскопических флуктуаций в водных растворах белков и других веществ к классу фликкер-шумов. - Биофизика, 1982, т. 27, с. 529-531.
44. Жвирблис В.Е. О возможном механизме связей Солнце-биосфера. - В сб.: Проблемы космической биологии. Под ред. О.Г.Газенко, М.: Наука, т. 43, 1982, с. 197-211.
45. Опалинская А.М., Агулова Л.П. Влияние естественных и искусственных электромагнитных полей на физико-химические и элементарную биологическую системы. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1984, с. 190.
46. Лазарев П.П., Буланова З.В., Купер Л. О флуктуациях чувствительности глаза при периферическом зрении. ДАН СССР, 1934, т. 3, с. 459-461.
47. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 1968, 288 с.
48. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л., Энергоатомиздат, 1985, 248 с.

49. Кендалл М.Дж., Стьюарт А. Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973, с. 633-637.

50. Коломбет В.А. О возможности представления масс элементарных частиц и атомных ядер системой целых чисел. Препринт, Пушкино: ОНТИ НСБИ АН СССР, 1981.

51. Коломбет В.А., Шноль С.Э. О существовании дискретных состояний в результатах измерений масс, постоянной тонкой структуры и др. физических величин. Попытка феноменологической интерпретации наблюдаемой универсальной дискретности. Деп. ВИНТИ № 4458-85, 1985.

52. Коломбет В.А. Феноменологическое построение рекурсивного варианта единой теории. Деп. ВИНТИ, № 5074-84, 1984.

53. Физика микромира. Под ред. Д.В.Ширкова. М.: Изд-во Советская энциклопедия, 1980, с. 483-484.

54. Козырев Н.А. Описание вибрационных весов как прибора для изучения свойств времени и анализ их работы. - В сб.: Астрономия и небесная механика. Сер. Проблемы исследования Вселенной, вып. 9, М.-Л., Всесоюзное астрономгеодезическое общество АН СССР, 1978, с. 582-584.

55. Козырев Н.А. Астрономические наблюдения посредством физических свойств времени. - В сб.: Вспыхивающие звезды. Труды Международного симпозиума 1976 г. в Бюракане. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1977, с. 209-227.

56. Тейлор Б., Паркер В., Лангерберг Д. Фундаментальные константы и квантовая электродинамика. М.: Атомиздат, 1972.

57. Пригожин И. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. М.: Наука, 1985.

58. Фейнман Р. Теория фундаментальных процессов. М.: Наука, 1978, с. 34.

59. Проблемы космической биологии. Влияние солнечной активности на биосферу. Под ред. В.Н.Черниговского. М.: Наука, 1982, т. 43, с. 233.

60. Владимирский Б.М., Кисловодский Л.Д. Солнечная активность и биосфера. "Космонавтика. Астрономия", № 4. М.: Знание, 1982, с. 63.

61. Электромагнитные поля в биосфере. Под ред. Н.В.Красногорской. М.: Наука, 1984, т. 1, с. 375, т. 2, с. 326.

62. Агулова Л.П. Влияние слабых магнитных полей на агглютинацию брюшно-тифозных бактерий (*in vitro*) и автоколебательную реакцию Белоусова-Жаботинского. Канд. дис. ИБФ АН СССР, Пушкино, 1985.

63. Опалинская А.М. Корреляция хода реакции Пиккарди и агглютинации бактерий с космогелиофизическими факторами. Электромагнитные поля как возможные посредники этих корреляций. Канд. дис., ИБФ АН СССР, Пушкино, 1985.

64. Соколовский В.В. Ускорение окисления тиоловых соединений при возрастании солнечной активности. - В кн.: Проблемы космической биологии. М.: Наука, 1982, т. 43, с. 194-197.

65. Соколовский В.В., Павлова Р.Н. Окисление тиолов и солнечная активность. - В сб.: Живые системы и геолофизические факторы. М.: Наука, 1976, с. 9-12.

66. Shnol' S.E. Conformational oscillations in protein macromolecules. - In: Biological and Biochemical Oscillators. Ed. B. Chance, N.Y.: Acad. Press, 1973, p. 67-69.

67. Shnol' 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.

68. Shnol' S.E., Kolombet V.A. Macroscopic fluctuations and statistical spectral analyses of the states of aqueous protein solutions. In: Sov. Sci. Rev., Sect. D Biol. Rev., v. 1, N.Y.: Ed. OPA, 1980, p. 399-445.

69. Hillman H. Do oscillations in biological systems originate in their substrates and nucleotides. - In: Inf. Exchange group No 1 Sci. memo 298, 1965.

70. Hillman H. The effect of visible light on ATP solution. - Life Science, 1966, v. 5, p. 589.

71. Duffy P. Studies on the control of lactate dehydrogenase activity in mammalian cells. I. Demonstration of rapid continuous variations in lactate dehydrogenase in cultured cells and their relation to a biological activator and an inhibitor of lactate dehydrogenase. - Biochem. Biophys. Acta, 1971, v. 244, p. 606-612.

72. Duffy P., Sanderson J.C. Studies on the control of lactate-dehydrogenase activity in mammalian cells. II. Demonstration of rapid continuous variations in lactate dehydrogenase activity in human erythrocytes and their relations to a biological activator and an inhibitor of lactate dehydrogenase. - Biochem. Biophys. Acta, 1971, v. 244, p. 613-617.

73. Lenk R., Queiroz-Claret C., Queiroz O., Grepin H. Studies by NMR of in vitro spontaneous oscillations in activity in enzymatic extracts. - Chem. Phys. Letters, 1982, v. 92, p. 187-190.

74. Brown Jr. The biological clock phenomenon: exogenous timing hypothesis. J. Interdiscipl. Cycle Res. 1983, v. 14, p. 137-162.

75. Queiroz-Claret C., Girard Y., Girard B., Queiroz O. Spontaneous long-period oscillations in the catalytic capacity of enzymes in solution. - J. Interdiscipl. Cycle Res., 1985, v. 16, p. 1-9.

76. Mandell A.J., Russo P.V. Striatal tyrosine hyroxylase activity: multiple conformational kinetic oscillators and product concentration frequencies. - J. Neuroscience, 1981, v. 1, p. 380-389.

77. Vajda T. Oscillations of trypsin activity in frozen solutions. - Cryo-Letters, 1983, v. 4, p. 355-360.

78. Vajda T. Oscillations of trypsinogen activation in frozen aqueous solutions. - Cryo-Letters, 1984, v. 5, p. 63-68.

79. Piccardi G. The chemical basis of medical climatology. USA, Illinois, Springfield, Ed. Charles C Thomas, 1962, p. 146.

80. Gardner M. White and brown music, fractal curves and $1/f$ fluctuations. - Sci. American, 1978, No 4, p. 16-21.

81. Particle Data Group. - Physics Letters, v. III B, 1982.

Наталья Вячеславовна Удальцова, Валерий Александрович Коломбет,
Симон Эльевич Шноль

ВОЗМОЖНАЯ КОСМОФИЗИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ
МАКРОСКОПИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ В ПРОЦЕССАХ РАЗНОЙ
ПРИРОДЫ

Отредактировано и подготовлено к печати в ОНТИ НЦБИ
АН СССР

Редактор Л.В.Сотникова. Технический редактор Т.М.Печенкина.
Корректоры Л.М.Орлова, В.И.Дубровина.

Подписано к печати 21.04.87 г. Т10084. Уч.-изд.л. 6,1.
Усл.печ.л. 6,25. Формат 60х90/16. Бумага офсетная.
Тираж 490 экз. Заказ 401Р. Цена 75 к. Изд. № 2.

Отпечатано на ротапринте в Отделе научно-технической
информации Научного центра биологических исследований АН СССР
в Пушкине