

УДК530.1+550.34.01+551.463.7

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА НЕЛОКАЛЬНОСТИ
ИСКУССТВЕННО ВОЗБУЖДАЕМЫХ ДИССИПАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ**

С.М.Коротаев, В.О.Сердюк, М.О.Сорокин, В.А.Мачинин

Институт геоэлектромагнитных исследований РАН, г. Троицк

Вестник ОГГГН РАН, № 3(13)'2000

Опубликовано 15 сентября 2000 г.

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/3-2000/korotaev.htm#begin

© 2000 ОИФЗ РАН, ОГГГН РАН

Содержание:

1. Введение
 2. Постановка задачи
 3. Экспериментальная установка
 4. Выполнение эксперимента
 5. Результаты и их обсуждение
- Заключение
Литература

1. Введение

Макроскопическая нелокальность представляет новый физический эффект, заключающийся в корреляции диссипативных процессов без посредства локальных носителей взаимодействия. Идея о наличии такого рода корреляции и первые экспериментальные доказательства ее существования были впервые предложены Н.А.Козыревым [1]. Им же выдвинута идея объяснения с помощью этого нового механизма странных связей некоторых, заведомо изолированных, геофизических и астрофизических диссипативных процессов. Сюда относятся, например, связь тектонической активности Земли и Луны, связь солнечной активности со скоростью некоторых физико-химических реакций и т.д. [1]. В последние годы подобные связи весьма интенсивно изучались (например [2-4]), но в силу неясности физики явления, результаты сводились, фактически, лишь к доказательствам их статистической значимости.

Для понимания роли нелокальности во взаимодействии диссипативных (необратимых) геофизических процессов различной природы или тем более, практического использования этого эффекта, необходим был прогресс в понимании его физического механизма. Полная теория пока не построена, но представляется правдоподобным, что в основе лежит явление квантовой нелокальности, которое при некоторых условиях сохраняется в сильном макропределе [5]. В свою очередь, интерпретация квантовой нелокальности как эффекта абсорбционной электродинамики Уилера-Фейнмана [6] в ее современной трактовке [7] позволяет показать, что макроскопическая нелокальность проявляет себя как связь производств энтропии в изолированных, в обычном смысле, диссипативных процессах [8-10]. Это дало возможность целенаправленно поставить эксперименты по изучению эффекта нелокальности некоторых геофизических диссипативных процессов и выполнить их на современном физическом уровне строгости [8-11]. Геофизические эксперименты такого рода могут быть, вообще говоря, реализованы в двух вариантах. Во-первых, могут изучаться нелокальные корреляции каких-либо двух и более естественных процессов, заведомо не связанных локальными каналами взаимодействия (или если локальное взаимодействие известно с высокой точностью). Во-вторых, могут изучаться нелокальные корреляции естественных процессов с каким-либо пробным изолированным и хорошо контролируемым процессом в специально сконструированном детекторе. Второй вариант содержит существенно меньше априорных неопределенностей, поэтому на данном этапе он является предпочтительным. Именно в таком варианте выполнялись эксперименты [8-11]. При этом их результаты оказались богаче достижения методических целей, необходимых для дальнейших чисто геофизических исследований по первому варианту – доказательства факта существ-

вованя нелокального взаимодействия процессов и его количественных закономерностей. Благодаря наличию, в определенных условиях, опережающего лага в этом взаимодействии, была показана возможность принципиально нового метода прогноза крупномасштабных геофизических (и гелиофизических) процессов. В качестве процессов-источников в экспериментах [8-10] изучались процессы геомагнитной, ионосферной, синоптической и солнечной активности, для которых были получены количественные характеристики нелокального воздействия на пробные процессы. Была также показана принципиальная независимость результатов от конкретного типа пробного процесса (с точностью до удачности технической реализации детектора) [8, 9, 11].

Учитывая новизну проблемы не только в геофизическом, но и в физическом контексте, существенным недостатком экспериментов [8-11] следует признать неизбежную модельную зависимость интерпретации результатов, возникающую при задании параметров источников – производства энтропии и ее геометрического распределения. Так, из перечисленных выше четырех типов естественных диссипативных процессов, только для процесса генерации геомагнитных вариаций удалось достаточно легко (хотя и приближенно) оценить эти параметры. С точки зрения логики эксперимента, для достаточно уверенного исследования естественных процессов следовало бы иметь результаты измерения эффекта макроскопической нелокальности с хорошо контролируруемыми искусственными источниками. Хотя эксперименты с искусственными источниками ранее выполнялись [1, 12-15], уровень их строгости был весьма низким, а, кроме того, сама задача в то время формулировалась на качественном уровне, и поэтому производство энтропии в источнике количественно не контролировалось. Настоящая работа имеет целью восполнение этого пробела – измерение эффекта нелокальности искусственных диссипативных процессов в достаточно строгой постановке. Результаты работы необходимы для осознанного продолжения исследований эффекта нелокальности в геофизике.

2. Постановка задачи

Задачей эксперимента является измерение эффекта нелокального воздействия источника на сигнал детектора. Источник – диссипативный процесс, находящийся на известном расстоянии от детектора и обладающий известным производством энтропии. Детектор – устройство, включающее пробный процесс известной природы, т.е. процесс, для которого наблюдаемая величина (сигнал) известным образом связана с производством энтропии. Детектор должен быть экранирован от всех известных из его теории видов локального воздействия. Если полное экранирование невозможно, остаточное воздействие должно контролироваться. Исходя из опыта [8-11] нами избран наиболее удачный из испытанных детектор на основе процесса вариаций собственных потенциалов слабополяризующихся электродов в электролите. Конструкция детектора исключает все виды локального воздействия на собственные потенциалы, кроме одного, который можно существенно ослабить, но, в принципе, нельзя устранить до конца – температурных вариаций. Последнее обстоятельство ограничивает энергию процессов-источников сверху, поскольку все диссипативные процессы сопровождаются температурным эффектом. С другой стороны, эта энергия ограничена снизу уровнем (нелокальных) шумов, создаваемых диссипативными процессами, неизбежно имеющими место в самой измерительной аппаратуре.

В этих рамках нелокальное воздействие искусственного источника на пробный процесс может, однако, оказаться сравнимым с нелокальным воздействием геофизических процессов [8]. Влияние последних исключается применением дифференциальной схемы измерений. Используется два разнесенных детектора, процесс-источник размещается вблизи одного из них на расстоянии малом по сравнению с разномом. Измеряется разностный сигнал детекторов.

Оптимальная энергия источника находится вблизи верхней границы вышеуказанного диапазона. Поэтому требуется высокоэффективная термоизоляция детекторов и высокоточный контроль остаточной разности их внутренних температур.

Следует отметить одно принципиальное ограничение экспериментов с искусственными источниками как модели естественных. Для любых искусственных источников должен выполняться принцип не только слабой, но и сильной причинности [6], поэтому для них опережающая часть

сигнала ненаблюдаема. Для естественных источников опережающая часть наблюдается, более того, благодаря меньшей эффективности ее экранирования промежуточными средами [7], она существенно преобладает над запаздывающей. Практически, только для нее удалось оценить сечение взаимодействия [8-10]. Поэтому прямое количественное сравнение этих двух типов экспериментов пока затруднительно. Основная цель экспериментов с искусственными источниками – проверка универсальности механизма макроскопического нелокального взаимодействия и изучение его статистических свойств.

3. Экспериментальная установка

Блок-схема установки приведена на рис. 1. Процесс-источник S размещается на расстоянии $r=0.5$ м (в большинстве опытов) или 1 м от детектора, измеряющего разность собственных потенциалов U_1 , внутри которого имеется также датчик внутренней температуры T_1 . Полностью идентичный детектор U_2 (T_2) размещен на фиксированном расстоянии $l=4$ м. Далее сигналы проходят через схемы вычитания U_1-U_2 , T_1-T_2 и после усиления прецизионными усилителями A подаются на регистраторы ΔU , ΔT .

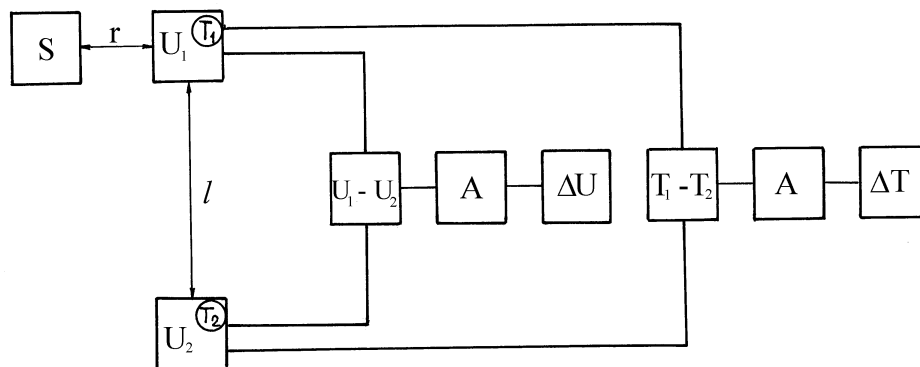


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки. S – процесс-источник; U_1 – ближний, U_2 – дальний детекторы; T_1 , T_2 – внутренние термодатчики, U_1-U_2 , T_1-T_2 – схемы вычитания; A – усилители; ΔU , ΔT – регистраторы, $r=0.5$ м (1 м) – расстояние от источника до ближнего детектора, $l=4$ м – расстояние между детекторами

Детектор нелокального взаимодействия основан на связи энтропии двойного электрического слоя с собственной разностью потенциалов электродной пары. Полная теория детектора приведена в [8]. Связь изменения энтропии двойного слоя ΔS_d и изменения разности потенциалов ΔU в хорошем приближении представима формулой:

$$\Delta S_d = -\frac{|q|\Delta U}{\sqrt{6kTg}}, \quad (1)$$

где q – заряд иона жидкой фазы двойного слоя, k – постоянная Больцмана, g – эффективность детектора (в среднем равная коэффициенту вариации U). При использовании дифференциальной установки благодаря квадратичному закону геометрического затухания в уравнении макроскопической нелокальности [8-10] и при условии $r \ll l$ в (1) под ΔU подразумевается изменение разности сигнала U_1-U_2 .

За основу взят электродный детектор, использовавшийся в геофизических экспериментах [8-11]. В качестве электродов в нем используются морские графитомарганцевые электроды типа “ИЗМИРАН-Севморгео”. Этот тип отличается малым температурным и барическим коэффициентом, отсутствием зависимости потенциала от концентрации ионов (Na^+ , Cl^-) и предельно малым поляризационным гистерезисом [16]. Электроды до начала эксперимента 12 лет выдерживались в поднасыщенном растворе $NaCl$ и этот же раствор использовался в детекторах в качестве электролита. Это позволило исключить влияние эффекта старения и переходных диффузионных процессов. Хорошо проводящий электролит играет также роль экрана от внеш-

него электрического поля. Отсутствие влияния на детектор и измерительную схему магнитного поля в диапазоне $0 \div 1$ Гц было проверено в специальном эксперименте [8].

Схема устройства детектора показана на рис. 2. Электроды помещаются изолирующими корпусами вплотную друг к другу в стеклянном сосуде с электролитом, так что расстояние между контактными окнами составляет всего 1.5 см. Минимальная межэлектродная база, однородность электролита и материал сосуда исключают эффект внутреннего электрического поля. Сосуд жестко герметизирован, так что исключается как испарение, так и передача колебаний атмосферного давления на электроды. Сосуд помещается в дьюар, окруженный снаружи дополнительной изоляцией. Последняя, по сравнению с экспериментами [8-11] была значительно усилена – в качестве нее использован капролоновый глубоководный контейнер с толщиной стенок 20 мм. Выполненное, таким образом, пассивное термостатирование снижает амплитуду температурных вариаций на характерном периоде эксперимента (несколько часов) от величины порядка 1К снаружи до 0.001К внутри детектора. Для контроля остаточных вариаций температуры между внутренней стенкой дьюара и сосудом с электродами помещен термодатчик, позволяющий непрерывно измерять их с реализованной точностью до 0.0009К. Величина ΔU непрерывно измеряется усилителями-регистраторами И-37-Н309 или “Сервогор” с чувствительностью до 0.5 мкВ (реальная амплитуда сигнала позволила работать с более грубой чувствительностью порядка 10 мкВ). Величина ΔT измеряется такой же аппаратурой.

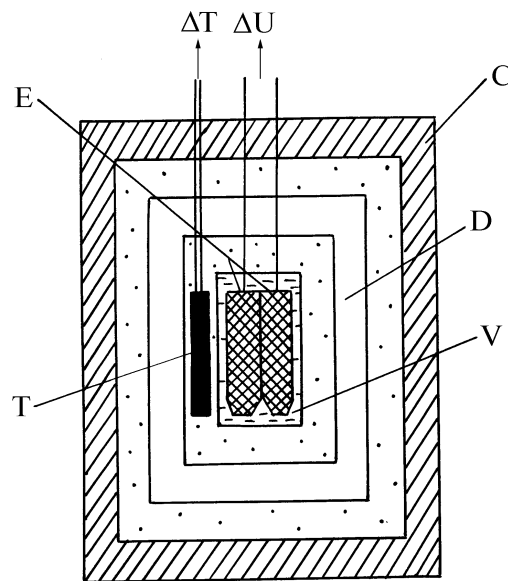


Рис. 2. Схема устройства детектора. С – корпус глубоководного контейнера, D – дьюар, V – сосуд с электролитом, E – электроды (внутреннее устройство не показано), T – термодатчик. Материалы: штриховка – капролон, двойная штриховка – эбонит, точки – воздух, незаштрихованный промежуток – вакуум

В качестве диссипативного процесса-источника использовались процессы смешения, изобарического нагревания и фазовых переходов – плавления и испарения. Наиболее эффективным оказался (как и следовало ожидать по величине изменения энтропии ΔS) процесс кипения воды. По этому в основной серии экспериментов использовался источник, представляющий стеклянный сосуд, в котором нагревателем мощностью 1.2 кВт вода с начальным объемом 2 л нагревалась от точно измеренной начальной температуры (примерно равной температуре воздуха в лаборатории) до кипения, Кипение длилось до испарения 1 л, после чего нагреватель выключался.

4. Выполнение эксперимента

Предварительная стадия эксперимента длилась около года и включала изучение собственных шумов установки, выбор оптимального режима измерений, испытание различных вариантов источников.

Главная стадия эксперимента выполнялась в течение 3 месяцев (август–сентябрь 2000 г.) Всего было выполнено 50 экспериментов. Основным материалом был получен при многократном повторении опыта в точности одинаковой следующей постановке. Процесс-источник – фазовый переход (кипение воды), $r=0.5$ м. После выключения нагревателя вода закипает за 12–14 мин (в зависимости от лабораторной температуры), кипение длится 40 мин. Элементарный расчет дает полное изменение энтропии в источнике $\Delta S = 5.85 \cdot 10^{26}$ нат. Изменение лабораторной температуры на 10 К сказывается лишь в третьем знаке этой величины. Основную часть ΔS составляет изменение энтропии в фазовом переходе вода-пар ($4.39 \cdot 10^{26}$ нат). Таким образом, ΔS источника была равна указанной постоянной для всех описываемых ниже опытов. В конце серии экспериментов расстояние до источника было увеличено вдвое ($r=1$ м).

В связи с большим временем релаксации детекторов в течение суток можно было корректно выполнить не более одного опыта. От начала к концу серии лабораторная температура плавно снижалась от $\sim 30^\circ\text{C}$ (начало августа) до $\sim 10^\circ\text{C}$ (конец октября). Измерения были остановлены после включения отопления в лабораторном помещении, поскольку мощный неоднородный диссипативный процесс в системе мог, безусловно, представлять помеху. В связи с этим серия измерений с $r=1$ м оказалась малой (4 опыта).

Сорок семь опытов проводилось при фиксированном положении обоих детекторов. Для 3 опытов источник был перенесен к другому детектору на $r=0.5$ м, чтобы убедиться, что это изменяет знак разностного сигнала (при неизменной схеме вычитания).

В промежутках между опытами измерительная часть установки работала в непрерывном режиме. Это позволяло избежать возможного влияния прогрева аппаратуры в каждом опыте. Кроме того, непрерывная запись ΔU позволяла иметь уверенность в существенном превышении эффекта воздействия искусственного процесса над случайными шумами.

5. Результаты и их обсуждение

Согласно уравнению макроскопической нелокальности [8-10] увеличение энтропии в источнике влечет ее увеличение в пробном процессе (с геометрическим затуханием по закону обратных квадратов). В свою очередь, из (1) это соответствует уменьшению ΔU . Таким образом, из теории следует $\Delta S > 0 \Rightarrow \Delta U < 0$. Главный качественный результат эксперимента состоит в том, что нелокальная реакция детектора надежно регистрируется и ее знак соответствует теоретическому предсказанию. Порядок амплитуды ΔU_m – милливольты. Локальное тепловое воздействие источника существует, но ничтожно мало по сравнению с нелокальным. Внутренняя температура ближнего к источнику детектора увеличивается в результате воздействия всего на несколько тысячных градуса. При известном температурном коэффициенте электродов (-0.19 мВ/К [8]) это соответствует изменению ΔU на величину порядка микровольта, т.е. нелокальный сигнал на три порядка превышает локальный.

При этом главной неожиданностью оказался очень большой количественный разброс параметров сигнала при строго одинаковых условиях воздействия. Амплитуда сигнала, время запаздывания, время падения и роста (релаксации) ΔU от опыта к опыту менялись в широких пределах, и эти изменения не были связаны с какими-либо изменениями внешних условий (метеорологических, геомагнитных и т.п.). Единственное изменение в лабораторных условиях – отмеченное выше постепенное снижение температуры от начала к концу трехмесячной серии экспериментов. Однако разброс последовательно получаемых результатов носил совершенно хаотический характер, одинаковый в начале и в конце серии. Есть только некоторая тенденция к росту сред-

ней амплитуды сигнала от августа к октябрю, что соответствует ранним результатам [1]. В принципе, возможны два альтернативных объяснения такого разброса: влияние неких внешних факторов на параметры детектора или стохастический характер природы самого изучаемого эффекта. Учитывая накопленные результаты как раз по изучению влияния естественных внешних процессов на собственные потенциалы электродов [8-11], первую гипотезу можно, очевидно, отвергнуть: хаотический характер изменчивости реакции детектора на искусственный процесс совершенно не соответствует изученной непрерывной (хотя и тоже стохастической) изменчивости U , коррелирующей с естественными процессами. Вторая гипотеза вполне вероятна, учитывая квантовомеханическую основу эффекта нелокальности, хотя для ее проверки требуется и более глубокое развитие теории и более богатая статистика экспериментальных данных. Тем не менее, уже полученные в эксперименте данные показали, что параметры сигнала связаны устойчивыми статистическими закономерностями.

На рис. 3 показан пример регистрограммы эксперимента. Видно, что через 2 ч 10 мин после выключения источника происходит резкое уменьшение ΔU ($\Delta U_m = -5.5$ мВ) и затем – многочасовая релаксация к исходному уровню. Параллельная запись ΔT показывает, что начало реакции детектора примерно совпадает со временем прихода тепловой волны, но количественно изменение температуры ничтожно: $\Delta T = 0.008$ К. Это соответствовало бы уменьшению ΔU благодаря классическому локальному механизму на 0.0011 мВ, что несоизмеримо мало по сравнению с зарегистрированным сигналом. Время релаксации температурного возмущения ΔT , как видно из рис. 3, несоизмеримо больше времени релаксации ΔU . Совпадение времени прихода термодиффузионной волны и началом нелокальной реакции предсказано в [8] из теоретических соображений (нелокальные корреляции связаны с электромагнитным полем Уилера–Фейнмана, причем взаимодействие на микроуровне происходит по межчастичным цепям). На рис. 3 содержится также тонкая деталь, наблюдавшаяся примерно в половине опытов – небольшое волнообразное понижение ΔU перед началом основного спада. Природа этого предвестника неясна.

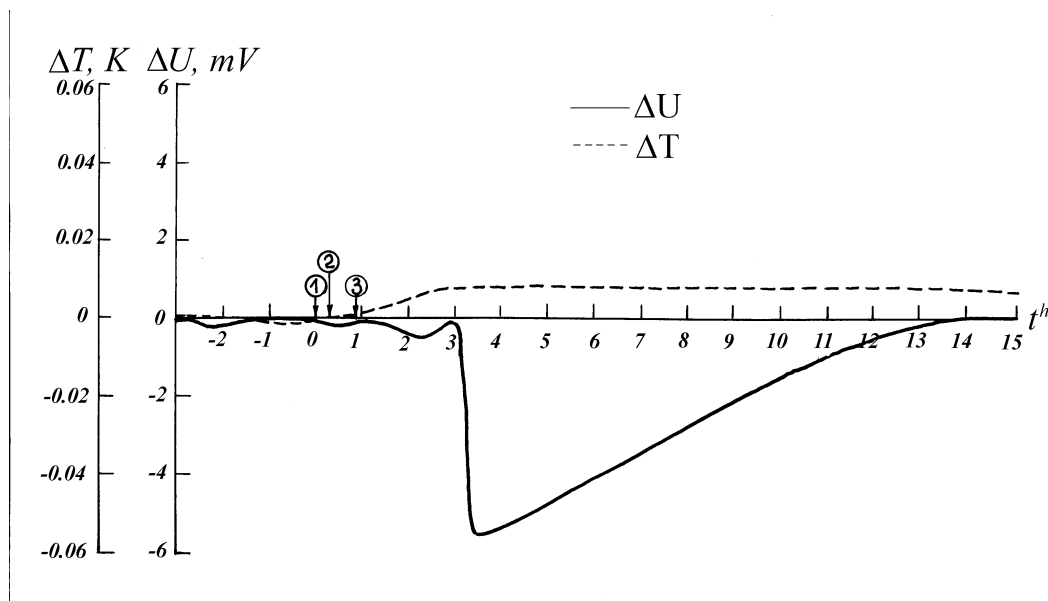


Рис. 3. Пример регистрограммы эксперимента: ΔU – разностный сигнал детекторов (в милливольтгах), ΔT – разность внутренних температур детекторов (в градусах), t – время (в часах). ① – момент включения нагревателя в источнике, ② – момент закипания, ③ – момент выключения нагревателя в источнике ($\langle \tau_2 \rangle = (149 \pm 47)$ мин). Постоянная времени релаксации оценена ~ 360 мин. Время практического окончания эффекта определяется наименее точно. Приблизительно время восстановления (от $\Delta U = \Delta U_m$ до практического окончания эффекта) t_2 оказалось в среднем $\langle t_2 \rangle \approx 8 \langle t_1 \rangle$, где t_1 – время падения ΔU ($t_1 = \tau_2 - \tau_1$).

Средние по всей серии экспериментов при $r=0.5$ м и всех прочих неизменных условиях параметры сигнала таковы:

$\langle \Delta U_m \rangle = (-2.46 \pm 1.72)$ мВ, запаздывание начала эффекта относительно выключения источника $\langle \tau_1 \rangle = (97 \pm 36)$ мин, запаздывание минимума $\Delta U (= \Delta U_m)$ относительно выключения источника

Перейдем к описанию упомянутых статистических закономерностей.

Во-первых, кривая ΔU существенно асимметрична. Уравнение регрессии t_2 по t_1 (в минутах):

$$t_2 = 8.76t_1 - 126 \quad (2)$$

при коэффициенте корреляции 0.91 ± 0.05 .

Во-вторых, эта асимметрия пропорциональна амплитуде сигнала $|\Delta U_m|$ (в мВ).

$$t_2/t_1 = -3.2 \Delta U_m + 0.39 \quad (3)$$

при таком же коэффициенте корреляции.

В третьих, обнаружена нелинейная связь полной длительности эффекта $t_e = t_1 + t_2$ с амплитудой сигнала:

$$t_e = t_s [\exp(-\Delta U_m/E) - 1], \quad (4)$$

где эмпирическая оценка $t_s = 40$ мин, что равно длительности основного процесса – фазового перехода в источнике. Эмпирическая оценка параметра E показала, что с точностью до второго знака E определяется следующей комбинацией фактических параметров нашего источника:

$$E = \frac{\sqrt{6kTg}}{|q|}, \quad (5)$$

где $q = 1.6 \cdot 10^{-19}$ А·с (одновалентные ионы электролита), $T = 293$ К (средняя температура детектора), $g = 0.013$ (коэффициент вариации данного детектора). Сопоставляя (4) и (5) с (1), видим, что полная длительность эффекта определяется только длительностью воздействия и изменением энтропии двойного слоя:

$$t_e = t_s (\exp \Delta S_d - 1). \quad (6)$$

В четвертых, аналогично (4) эмпирическая связь установлена между t_e и τ_2 :

$$t_e = t'_s (\exp(t_2/\vartheta) - 1), \quad (7)$$

где $t'_s = 37$ мин, $\vartheta = 49$ мин. Сопоставление (7) и (4) показывает, что увеличению запаздывания τ_2 соответствует увеличение амплитуды $|\Delta U_m|$. Иначе говоря, выходу детектора из равновесного состояния предшествует некоторый процесс накопления энергии.

Из перечисленных эмпирических связей наиболее интересна связь (6). Переписав ее в виде:

$$\Delta S_d = \ln \left(\frac{t_e + t_s}{t_s} \right), \quad (8)$$

можно заметить, что правая часть (8) при $t_s \ll t_e$ равна $\sup S^1$ – верхней грани энтропии определенной в первом слое расслоенного пространства определения оператора вероятности [17]. Иными словами, S^1 – это энтропия, определенная по самой кривой $\Delta U(t)$, рассматриваемой при нормировке на ее интеграл как распределение вероятности. Таким образом, равенство

$$\Delta S_d = \sup S^1 \quad (9)$$

устанавливает прямую связь между пространственным и временным изменением энтропии – между перераспределением зарядов в двойном слое и временном распределении ΔU .

Итак, несмотря на большой разброс параметров сигнала в идентичных опытах, эти параметры связаны между собой вполне определенными и важными закономерностями.

Большой разброс данных и малое их количество при $r = 1$ м не позволило проверить квадратичный закон геометрического затухания. Отношение средних амплитуд при $r = 0.5$ м и $r = 1$ м равно 3.51, но формальная погрешность этой оценки 101%. Поэтому, можно лишь констатировать, что результаты не противоречат этому закону, предполагаемому уравнением макроскопической нелокальности [8-10].

Заключение

Качественные результаты эксперимента по измерению эффекта нелокальности искусственно возбуждаемых диссипативных процессов подтверждают ее универсальный характер, согласуются с теоретическими выводами [8-10] и результатами геофизических экспериментов [8-11].

Важнейшей вновь обнаруженной чертой нелокальной реакции пробного процесса на фиксированный процесс-источник является ее стохастический характер. Это позволяет по-новому взглянуть на стохастический характер реакции детектора на крупномасштабные геофизические процессы. Если в [8-11] конечность корреляционных функций независимости рассматривалась в основном как результат множественности источников, то теперь можно утверждать, что это имеет более глубокие внутренние причины. Их рассмотрение требует развитие теории макроскопической нелокальности, находящейся пока в зачаточном состоянии.

С другой стороны, описанные результаты показывают необходимость новых подходов в постановке дальнейших экспериментов. Принятая в нашем эксперименте стратегия натолкнулась на ограничение: требуется резкое увеличение статистики (сотни и тысячи опытов). При темпе, задаваемом временем релаксации, – не больше одного опыта в сутки – такое исследование займет годы. Очевидно, что за это время параметры электродов изменятся, и результаты начала и конца серии станут несопоставимы, появится сезонность и т.п. Альтернатива – использование большого числа детекторов также затруднительна, поскольку электроды при сколь угодно тщательном изготовлении имеют большой разброс параметров. Даже подбор двух пар, способных работать в дифференциальном режиме, как в нашей установке, составил непростую проблему. Это усугубляется необходимостью иметь электроды с многолетней предварительной выдержкой в стандартном электролите. Выход, вероятно, состоит в разработке технологии искусственного старения электродов или в использовании пробных процессов иного типа.

Тем не менее, несмотря на ограничения, полученные результаты позволяют более осознанно ставить исследования по изучению и применению эффекта макроскопической нелокальности в геофизике.

Авторы благодарят Ю.М.Абрамова за участие в конструировании экспериментальной установки.

Литература

1. *Козырев Н.А.* Избранные труды. Л.: ЛГУ, 1991. 447 с.
2. *Владимирский Б.М.* Макроскопические флуктуации, солнечно-земные связи и методические проблемы точных измерений // Изв. Крымской астрофизической обсерватории. 1990. Т. 82. С.161-167.
3. *Rokityansky I.I.* Phenomenon of quasi-spontaneous globally synchronised variations of physical parameters (QSV) // Physics and Chemistry of the Earth. A.1999. Vol.24, № 8. P.705-710.
4. *Shnoll S.E., Pozharski E.V., Zenchenko T.A., Kolombet V.A., Zvereva I.M., Konradov A.A.*, Fine structure in measurements of different processes as affected by geophysical and cosmophysical factors //Physics and Chemistry of the Earth. A. 1999. Vol.24, № 8. P.711-714.
5. *Home D., Majumdar A.S.* Incompatibility between quantum mechanics and classical realism in the strong macroscopic limit //Phys. Rev. A. 1995. Vol.52, № 6. P.4959-4962.
6. *Cramer J.G.* Generalized absorber theory and Einstein-Podolsky-Rosen paradox // Phys. Rev. D. 1980. Vol. 22. P.362-376.
7. *Hoyle F., Narlikar J.V.* Cosmology and action-at-a-distance electrodynamics // Rev. Mod. Phys. 1995. Vol.67, № 1. P.113-156.
8. *Коротчаев С.М., Сорокин М.О., Сердюк В.О., Абрамов Ю.М.* Экспериментальное исследование нелокального взаимодействия макроскопических диссипативных процессов // Физическая мысль России. 1998. № 2. С.1-17.

9. Korotaev S.M., Serdyuk V.O., Sorokin M.O., Abramov J.M. Geophysical manifestation of interaction of the processes through the active properties of time // Physics and Chemistry of the Earth. A. 1999. Vol.24, № 8. P.735-740.
10. Коротаев С.М., Сорокин М.О., Сердюк В.О., Абрамов Ю.М. Экспериментальное исследование макроскопической нелокальности. // Наука и технология в России. 1999. №1(31). С.16-19.
11. Дворук С.К., Коротаев С.М., Морозов А.Н., Назолин А.Л., Сердюк В.О., Соловьев А.В., Сорокин М.О., Табалин С.Е., Шишкин Г.В. Экспериментальные исследования необратимых процессов в электролитах // Прикладная механика и технологии машиностроения. 1998. Вып. 1(4). С.61-66.
12. Savage D. Time stress and other properties of time // Toth-Maatian Review. 1985. Vol.4, № 2. P.1899-1911.
13. Savage D. Conservation of momentum at a distance // Toth-Maatian Review. 1986. Vol.4, № 4. P.2257-2262.
14. Savage D. Measuring local time dilation using sandglass egg timers // Progress in Space-Time Physics. Blumberg: Wesely Press. 1987. P.242-251.
15. Лаврентьев М.М., Еганова И.А., Луцет М.К., Фоминых С.Ф. О регистрации реакции вещества на внешний необратимый процесс // ДАН. 1991. Т.317, № 3. С.635-639.
16. Зимин Е.Ф., Богородский М.М. Современные методы и средства исследования геоэлектрических полей // Физика Земли. 1996. № 10. С.31-40.
17. Коротаев С.М. Роль различных определений энтропии в причинном анализе геофизических процессов и их приложение к электромагнитной индукции в морских течениях // Геомагнетизм и аэрномия. 1995. Т.35, № 3. С.116-125.

Сведения об авторах:

Коротаев Сергей Маратович, заведующий лабораторией Института геоэлектромагнитных исследований РАН (ИГЭМИ РАН), доктор физико-математических наук. Окончил ЛГМИ в 1972 г. Область научных интересов - геофизические эффекты нелокальности, причинный анализ геофизических процессов, электромагнитное поле океана. Автор более 120 научных работ. Тел. (095)334-09-06; факс (096)751-44-00. E-mail: trofimov@geo.igemi.ru

Сердюк Вячеслав Олегович, научный сотрудник ИГЭМИ РАН. Окончил физфак Московского Государственного университета им. Ломоносова в 1992 г. Область научных интересов - геофизические эффекты нелокальности. Автор более 20 научных работ. Тел. (095)334-09-06; факс (096)751-44-00. E-mail: trofimov@geo.igemi.ru

Сорокин Михаил Олегович, старший научный сотрудник ИГЭМИ РАН, кандидат физико-математических наук. Окончил физфак Московского Государственного университета им. Ломоносова в 1970 г. Область научных интересов – геофизические процессы нелокальности, космофизика, электромагнитное поле океана, сейсмоэлектромагнитные явления. Автор более 50 научных работ. Тел. (095)334-09-06; факс (096)751-44-00. E-mail: trofimov@geo.igemi.ru

Мачинин Виктор Алексеевич, научный сотрудник ИГЭМИ РАН. Окончил МВТУ им. Баумана в 1968 г. Область научных интересов – высокоточная геофизическая аппаратура, протонная и квантовая магнитометрия, измерение градиентов геофизических полей. Автор более 20 научных работ и изобретений. Тел. (095)334-09-06; факс (096)751-44-00. E-mail: trofimov@geo.igemi.ru