

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛОКАЛЬНОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ ДИССИПАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

© С.М. Коротаев^{1,2}, А.Н. Морозов¹, В.О. Сердюк², Ю.В. Горохов³, В.А. Мачинин²

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

²Центр геоэлектромагнитных исследований ИФЗ РАН (Моск. обл.)

³Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН (Моск. обл.)

Эффект макроскопической нелокальности, имеющий, вероятно, в своей основе квантовую нелокальность, описывается уравнением, связывающем производства энтропии в пробном процессе и процессах-источниках. Необычной чертой этого эффекта для случайных процессов является существование, наряду с запаздывающими, опережающих корреляций. Примером удобного для исследования такого рода процесса является геомагнитная активность. Выполнен долговременный натурный эксперимент, позволивший оценить сечение нелокального взаимодействия и выделить опережающие корреляции. Их уровень оказался достаточно высоким для фонового долгосрочного прогноза геомагнитной активности.

1. ВВЕДЕНИЕ

Явление квантовой нелокальности, благодаря своим необычным свойствам привлекает возрастающее внимание. В частности, транзакционная интерпретация квантовой нелокальности в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия Уилера-Фейнмана [1] предполагает существование сигналов в обратном времени. В соответствии с принципом слабой причинности [2] это ведет к наблюдаемым опережающим корреляциям неизвестных состояний [3] или в других терминах недетерминированных (случайных) процессов. Далее, есть основания полагать, что нелокальность асимптотически сохраняется в сильном макропределе, что было доказано в численном [4] и реальном [5] экспериментах. Более того, был предложен новый путь формирования запутанности через общий термостат (которым может служить электромагнитное поле) и этот путь требует диссипативности квантово-коррелированных (а именно, радиационных) процессов [6]. Это означает, что диссипативность может не только вести к декогеренции, но и, напротив, играть конструктивную роль. Наша идея заключалась в введении диссипативности в рамках

современной версии теории прямого межчастичного взаимодействия [7] и в экспериментальной проверке существования опережающих нелокальных корреляций макроскопических диссипативных процессов [8-16]. Вероятно, эффект макроскопической нелокальности был выявлен еще до появления этих идей и, соответственно, интерпретирован в других терминах в ранних экспериментах по причинной механике [17-19], но их уровень строгости был недостаточен для ответственных выводов.

Цель наших работ заключалась в постановке экспериментов на современном уровне строгости с крупномасштабными диссипативными процессами-источниками. В результате было доказано существование нелокальных (нарушающих неравенство типа Белла) корреляций между процессами-источниками и пробными процессами в детекторах различных типов и было выявлено наличие опережающих корреляций для случайных процессов [8-16]. Последнее влечет возможность прогностических приложений. Среди различных природных процессов-источников наиболее удобным оказался процесс геомагнитной активности.

Недавно был завершен новый долговременный натурный эксперимент такого рода и в этой статье мы рассматриваем его результаты, касающиеся геомагнитной активности. Предварительно в разделе 2 кратко описываются теоретические, а в разделе 3 – экспериментальные идеи. В разделе 4 суммируются главные результаты предыдущих экспериментов. Разделы 5-7 посвящены некоторым результатам последнего эксперимента.

2. ЭВРИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ НЕЛОКАЛЬНОСТИ

Поскольку последовательное развитие теории макроскопической нелокальности представляет пока не решенную задачу, мы рассмотрим простейшую эвристическую модель.

Теория прямого межчастичного взаимодействия обосновывает ненаблюдаемость опережающего поля, и, фактически, единственный наблюдаемый результат его существования сводится к явлению радиационного затухания. Но последний представляет типичный диссипативный процесс. Более того, любой диссипативный процесс, в конечном счете, связан с излучением и, следовательно, с радиационным затуханием. Третья производная x , появляющаяся в формулах радиационного затухания, может быть прямо связана с производством энтропии. В самом деле, для излучающего заряда q опережающее поле E^{adv} связано с запаздывающим E^{ret} и радиационным затуханием [7]:

$$E^{adv} = E^{ret} - \frac{4e^2}{3qc^3} \ddot{x}. \quad (1)$$

С другой стороны, мощность излучения

$$P = \frac{3 e^2}{3 c^3} \langle \ddot{x}^2 \rangle = -\frac{2 e^2}{3 c^3} \langle \ddot{x}\dot{x} \rangle \quad (2)$$

Производство (безразмерной) энтропии на частицу при температуре θ есть

$\dot{S} = P / k\theta$, и, следовательно,

$$\langle \ddot{x}\dot{x} \rangle = -\frac{3c^3}{2e^2} k\theta\dot{S}. \quad (3)$$

Из (1)-(3) можно увидеть, что опережающее поле осуществляет связь между диссипативными процессами.

Из этих и иных [8,12,14] соображений оказалось возможным сформулировать следующее эвристическое уравнение макроскопической нелокальности:

$$\dot{S} = \sigma \int \frac{\dot{s}}{x^2} \delta(t^2 - \frac{x^2}{v^2}) dV \quad (4)$$

с

$$\sigma \approx \frac{\hbar^4}{m^2 e^4}, \quad (5)$$

где \dot{S} - производство энтропии в поглотителе (пробном процесс в детекторе), \dot{s} - плотность производства энтропии в источниках, σ - сечение взаимодействия, m – масса электрона, скорость v ограничена условием $v^2 \leq c^2$, интегрирование ведется по бесконечному объему V . δ -функция показывает, что взаимодействие идет с конечным запаздыванием и опережением.

Если взаимодействие идет через среду с участием диффузионных процессов, сводящихся на микроуровне к электромагнитному взаимодействию частиц среды (с соответствующим распространением запутанности), то результирующие запаздывание и опережение будут велики.

Роль среды проявляется еще одним интересным образом. В [7] показано, что известное требование Уилера-Фейнмана о полном поглощении поля веществом относится только к запаздывающей части в то время как поглощение опережающей обязано быть неполным.

Следовательно, экранирующие свойства среды по отношению к опережающему полю должны быть ослаблены. В результате уровень опережающих корреляций может превышать уровень запаздывающих.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА

Задачей эксперимента является детектирование изменений энтропии в процессах-источниках в соответствии с (4) при условии подавления всех известных видов классического локального взаимодействия. Хотя в качестве пробного можно использовать, вообще говоря, любой диссипативный процесс, его реальный выбор диктуется относительной величиной эффекта и теоретической «прозрачностью», позволяющей связать измеряемый макропараметр (сигнал) с левой частью (4) и осознанно принять меры по экранированию и/или контролю всех возможных локальных шумообразующих факторов (температура, давление, электромагнитное поле и т.п.).

Созданы две экспериментальные установки для изучения эффекта макроскопической нелокальности [11]. В установке ИГЭМИ использованы два типа детекторов, основанных на спонтанных вариациях потенциалов слабополяризующихся электродов в электролите и на спонтанных вариациях темнового тока фотоумножителя. В установке ЦПФ использован детектор подвижности ионов, основанный на спонтанных вариациях дисперсии флуктуаций проводимости в малом объеме электролита.

Полная теория электродного детектора приведена в [8], итоговая расчетная формула в приближениях малых потенциалов и малых амплитуд выглядит:

$$\Delta S \approx -\frac{1}{\sqrt{6}} \frac{|q|}{k\theta} \Delta U, \quad (6)$$

где ΔU – измеряемое приращение разности потенциалов.

Полная теория детектора подвижности ионов приведена в [20], итоговая расчетная формула выглядит:

$$\Delta s = -\frac{\Delta d}{\langle d \rangle}, \quad (7)$$

где d – дисперсия измеряемого напряжения на электролитической ячейке пропорциональная дисперсии подвижности ионов.

Приведем вывод аналогичной формулы для фотокатодного детектора. Используем хорошо известную формулу для энтропии на электрон:

$$S = \frac{q\Phi}{k\theta} + \frac{5}{2}, \quad (8)$$

где $q\Phi$ - работа выхода катода. Из уравнения Ричардсона -Дэшмана:

$$\frac{q\Phi}{k\theta} = \ln[A(1-R)] + 2 \ln \theta - \ln j, \quad (9)$$

где $A = mk^2e/\pi^2\hbar$, R - коэффициент отражения, j - плотность тока эмиссии. Подставляя (9) в (8) и дифференцируя получаем :

$$\dot{S} = -\frac{\dot{j}}{j} = -\frac{\dot{I}}{I}, \quad (10)$$

где I - плотность темнового тока фотоумножителя. Следовательно,

$$\Delta S = -\frac{\Delta I}{\langle I \rangle}. \quad (11)$$

Все технические детали устройства детекторов и их параметры приведены в [8-13].

Обратимся к правой части (4). Среди различных крупномасштабных природных диссипативных процессов с большой случайной составляющей наиболее удобным являются геомагнитные вариации, потому что во-первых, все три типа детекторов нечувствительны к локальному магнитному полю [8-12], и, во-вторых, эти вариации могут быть легко связаны с диссипацией токов в их источнике (магнитосфере). Производство энтропии:

$$\dot{s} = \frac{\langle E^2(f) \rangle}{\rho k\theta} = \frac{|Z(f)|^2 \langle F^2(f) \rangle}{\rho k\theta}, \quad (12)$$

где E - электрическое поле, f - частота, ρ , θ - удельное сопротивление и температура среды соответственно, Z - импеданс, F - напряженность магнитного поля. Z и ρ для простоты можно считать скалярными. Подставив (12) в (4) можно допустить следующее

упрощение, используя известные свойства электромагнитного поля магнитосферного источника [21]. Во-первых поле F хорошо аппроксимируется плоской волной и, следовательно, можно вынести множитель F^2 из под интеграла. Во-вторых, используя квазистационарное приближение импеданса плоской волны в однородной среде: $|Z(f)|^2 = 2\pi f \mu_0 \rho$. Зависимость от ρ исчезает, для спектральных амплитуд, как нетрудно показать [8-12], следующее соотношение является частотно независимым:

$$\frac{U(f)}{F^2(f)} = const \quad (13)$$

и аналогично для $I(f)$ и $d(f)$. Конечно, утверждения типа (12) являются приближенными, поскольку вышеуказанное простейшее выражение для $|Z(f)|^2$ является довольно грубым приближением.

4. ПРЕДЫДУЩИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ

Эксперименты с контролируруемыми лабораторными процессами-источниками показали существование только запаздывающих нелокальных корреляций [20,22] и они не затрагивают основной темы данной статьи.

Долговременные эксперименты с природными процессами-источниками проводились в 1993-96гг. с электродным детектором и в 1996-97гг. с четырьмя детекторами: электродным и фото катодным детекторами установки ИГЭМИ, еще одним электродным детектором, удаленным на 300 м и с установкой ЦПФ (детектор подвижности ионов) удаленный на 40 км от установки ИГЭМИ. Наиболее важные результаты таковы:

1. Сигналы всех детекторов коррелированы. Корреляции сигналов обоих электродных детекторов, электродного и фотокатодного детекторов, электродного детектора и детектора подвижности ионов широко иллюстрированы в [8-12]. Для полноты на рис.1 и 2 показана корреляция сигналов фотокатодного детектора и детектора подвижности ионов.

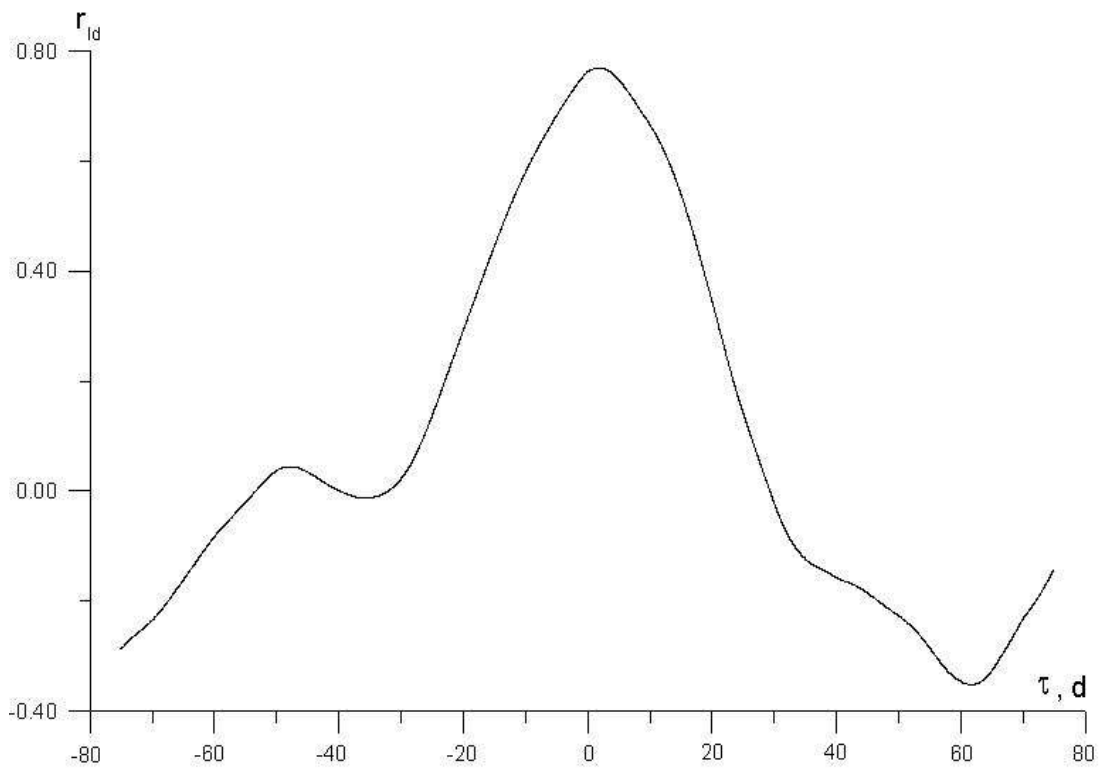


Рис. 1. Корреляционная функция сигналов фотокатодного детектора I и детектора подвижности ионов d . τ - сдвиг времени в сутках. Максимум корреляции соответствует $\tau = 0$. Данные подвергнуты низкочастотной фильтрации ($T > 20$ сут.).

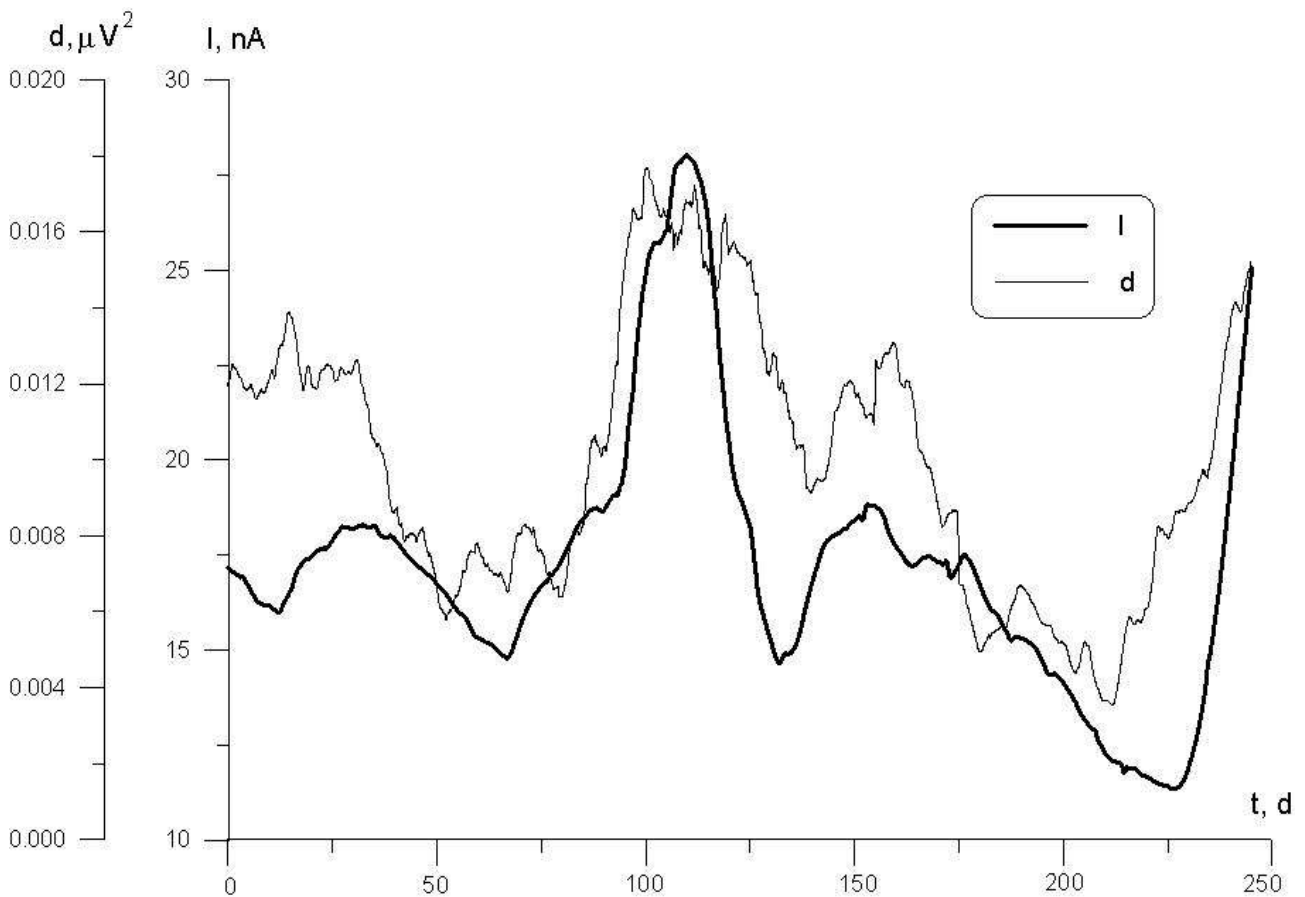


Рис. 2. Синхронные вариации сигналов фотокатодного детектора I и детектора подвижности ионов d . t – время в сутках. Данные подвергнуты низкочастотной фильтрации ($T > 20$ сут.).

Анализ показал, что сигналы формируются некоторыми общими причинами, но влияние этих причин не может быть локальным.

2. Основными общими причинами оказались солнечная, синоптическая и геомагнитная активность. Обнаружены довольно сильные опережающие корреляции сигналов детекторов с этими процессами. Запаздывающие корреляции всегда меньше. Порядок опережения (и запаздывание) велик – от 10 часов до 100 суток и возрастает с ростом пространственного масштаба.

3. Нелокальный характер корреляций был доказан нарушением неравенства типа Белла двумя путями: анализом причинной цепи внешняя – внутренняя температура – сигнал детектора [8,9,11,12] и причинной цепи солнечная – геомагнитная активность – сигнал детектора [16].

4. Уравнение (4) было проверено по данным электродного детектора на примере процесса геомагнитной активности подтверждением порядка величины σ (5) и справедливости (13).

5. Уровень опережающих корреляций позволил продемонстрировать возможность прогноза солнечной, геомагнитной и синоптической активности.

5. НОВЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Новый эксперимент (2001-03гг.) предусматривал долговременные синхронные наблюдения сигналов трех типов детекторов (установки ИГЭМИ и ЦПФ). По сравнению с предыдущими экспериментами была улучшена система термостабилизации электродного детектора, а длительность непрерывных измерений с каждым детектором была увеличена более чем вдвое. Последнее особенно важно, потому что опережающие корреляции проявляются, в основном, на крайне низких частотах. По техническим причинам полная двухлетняя непрерывная запись была получена только с электродным детектором. Измерения с фотокатодным детектором разбились на два отрезка. Установка ЦПФ работала в течении второго года эксперимента с установкой ИГЭМИ. В результате получены следующие временные ряды.

1. Электродный детектор: U , 22/10/2001 – 27/10/2003.
2. Фотокатодный детектор: I_1 , 22/10/2001 – 24/06/2003; I_2 , 14/07/2003 – 27/10/2003.
3. Детектор подвижности ионов: d , 19/10/2002 – 18/10/2003.

Дискретизация данных во всех рядах 1 час.

Если в обработке данных предыдущих экспериментов использовались, помимо традиционных статистических методов, более изощренные современные информационно-статистические методы, включая причинный анализ, достигнутый уровень знаний позволяет для целей данной работы ограничиться обычными методами спектрального и корреляционного анализа. Кроме того, поскольку проблема подавления локальных помех детально исследована и решена в цитированных работах, ниже мы не будем ее касаться.

6. ОЦЕНКА СЕЧЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ.

Принимая во внимание сложность крупномасштабных природных процессов и, как правило, приближенность знания их параметров, можно надеяться только на порядковую оценку σ в (4) по величине сигнала детектора и стандартным геофизическим данным. Соответственно, имеет смысл использование простейшей модели процесса-источника для оценки производства энтропии (12). Но геомагнитная активность, как отдельный процесс-источник имеет недостаток – сильную корреляцию с солнечной активностью, особенно на длинных периодах $T > 25$ суток. С другой стороны, на коротких периодах $T < 1$ сут. (и соответственно, при малых пространственных масштабах) реакция детектора становится слабой [8-13]. Имеет значение также выбор индекса геомагнитной активности. Как было показано в предыдущих исследованиях наиболее эффективно оказалось искать связь сигналов детекторов не с магнитным полем, измеренным магнитометром установки (хотя это возможно [8-12]), а с Dst – индексом глобальной геомагнитной активности, соответствующим наиболее крупномасштабным токовым системам в магнитосфере [12-16]. Dst – индекс, благодаря процедуре своего вычисления наиболее представлен на периодах $T > 2$ сут. По этим причинам для анализа выбрано спектральное окно $20 \text{ сут} > T > 2 \text{ сут}$.

Однако, как раз в этом окне возможна нелокальная помеха от синоптической активности. Следовательно, необходимо выбрать для анализа достаточно длинные временные отрезки со спокойными погодными условиями. Вот почему во всех предыдущих исследованиях удалось получить оценку σ только в одном случае [8]. Это была оценка по данным электродного детектора и квантового магнитометра установки: $\sigma \approx 2 \cdot 10^{-21} \text{ м}^2$

Последняя ссылка также означает желательность оценки σ по различным детекторам, поскольку данные каждого из них могут быть зашумлены различным образом.

Тщательный анализ данных последнего эксперимента показал, что наиболее подходящим отрезком времени оказался как раз соответствующий ряду I_2 . На рис.3 показаны амплитудные спектры I_2 и Dst . Спектры довольно сходны – многие из индивидуальных пиков совпадают (на периодах 450; 371; 321; 135; 92,2; 79,9; 72,9; 61,8; 59,4; 55,8 и 49,5 часа). Рассчитанный по спектральным пикам коэффициент вариации (отношение

стандартного отклонения к среднему) для I / Dst^2 равен 0,12, в то время как для I / Dst он равен 0,31. Это подтверждает приближенную справедливость равенства типа (13).

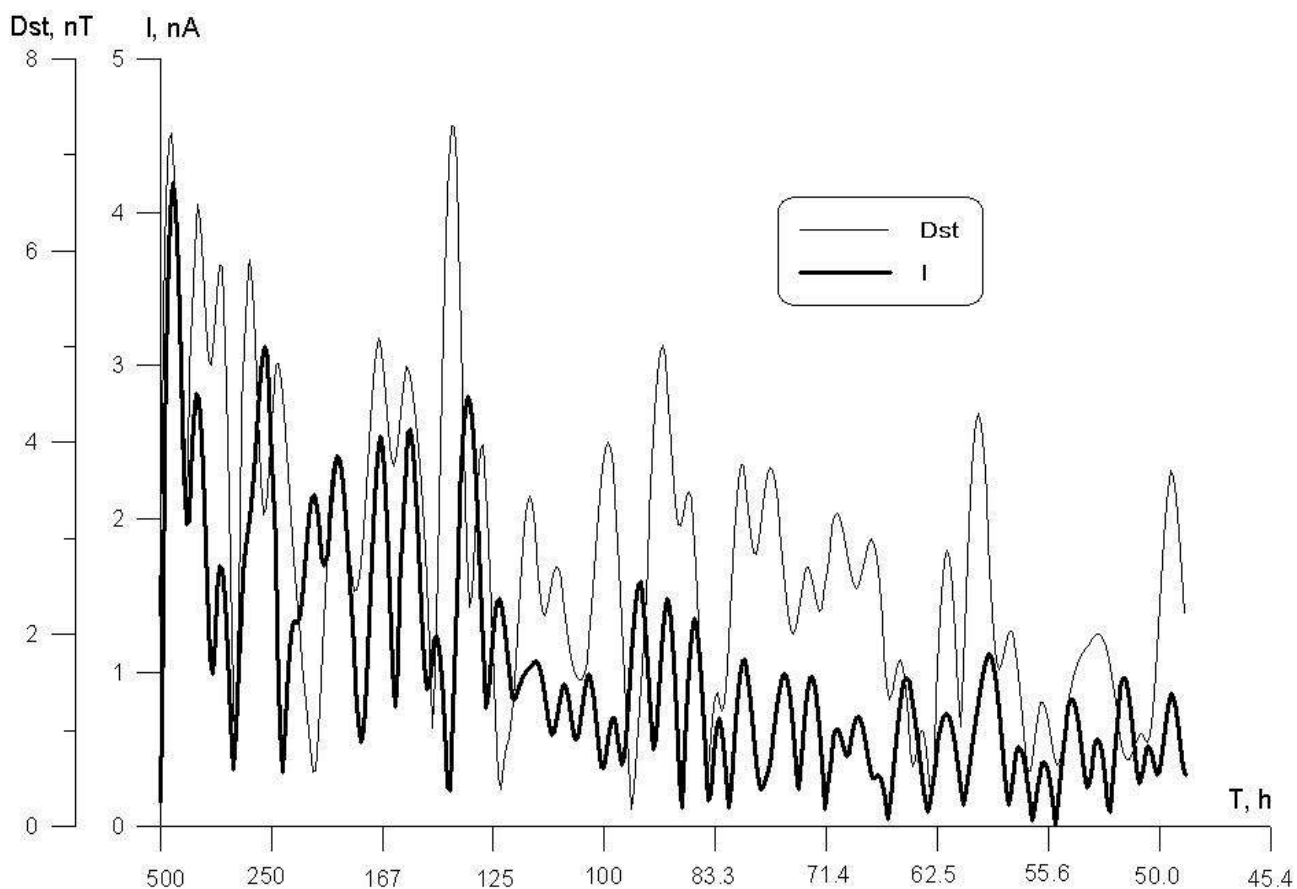


Рис. 3. Амплитудные спектры сигнала фотокатодного детектора I и геомагнитной активности Dst .

Для оценки σ комбинируются (4) (в приближении плоской волны), (12) и (11). В этом приближении источник характеризуется двумя параметрами: толщиной динамо слоя h и температурой θ , принятые оценочные значения которых : $h \approx 1,3 \cdot 10^6$ м, $\theta \approx 1,3 \cdot 10^3$ К . Тогда для реализации I_1 мы получаем среднюю оценку $\sigma \approx 5 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$.

Реализация U синхронная с I_2 оказалась более зашумленной, что должно завышать оценку. Но использование (6) вместо (11) в том же спектральном окне дает близкую среднюю оценку $\sigma \approx 8 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$.

Отрезок реализации d синхронной I_2 короче. Возможно из-за этого использование (7) вместо (11) в том же спектральном окне дает большее среднее значение $\sigma \approx 6 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$.

Учитывая то, что принятая модель сложного источника геомагнитного поля является крайне приближенной, а выделение полезного сигнала из помех несовершенным, совпадение вышеприведенных оценок с теоретической (около 10^{-20} м^2 согласно (5)), можно считать удовлетворительным. Таким образом, сечение взаимодействия имеет порядок сечения атома.

7. ПРОГНОСТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ МАКРОСКОПИЧЕСКОЙ НЕЛОКАЛЬНОСТИ

Наличие опережающих нелокальных корреляций и, более того, превышение опережающих корреляций над запаздывающими выявлено во всех предыдущих работах [8-16] для всех изучавшихся природных процессов, включая геомагнитную активность. В [12,13,16] также продемонстрирована возможность геомагнитного прогноза путем сдвига временных рядов на величину, соответствующую опережающему максимуму модуля корреляционной функции. Ниже мы продемонстрируем это не просто еще раз на более богатом экспериментальном материале, но и в более чистой постановке. Дело в том, что опережающие корреляции свойственны только случайным процессам. Если детерминированная, т.е. в данном случае периодическая составляющая вариаций не подавлена, тогда прогностический эффект частично усиливается автокорреляцией. Для наблюдения эффекта в чистом виде необходимо подавить эту составляющую. Периодичность геомагнитной активности связана главным образом с синодическим периодом вращения Солнца (около 27 суток) и его гармониками. Соответствующие спектральные максимумы хорошо выражены в сигналах детекторов [14,15]. Следовательно, необходимо подавить периоды равные и меньшие солнечного синодического периода. В действительности, благодаря нелинейности отклика на солнечную активность соответствующие спектральные линии *Dst* имеют периоды, в том числе, несколько большие синодического. Изучение спектров *Dst*, *U*, *I*, и *d* по материалам данного эксперимента позволило выбрать как оптимальную низкочастотную фильтрацию $T > 31,8$ сут. На рис.4 показана корреляционная функция для самого длинного ряда *U*. Максимум корреляции равный $0,72 \pm 0,01$ наблюдается при опережении *U* относительно *Dst* примерно на 60 сут. Асимметрия опережающей r^{adv} и запаздывающей r^{ret} корреляций (определяемая как отношение $\max |r^{adv}| / \max |r^{ret}|$) в диапазоне сдвигов времени $\tau \pm 371$ сут. равна $2,64 \pm 0,01$. Это существенно больше, чем получалось во всех предшествующих экспериментах без подавления периодической составляющей.

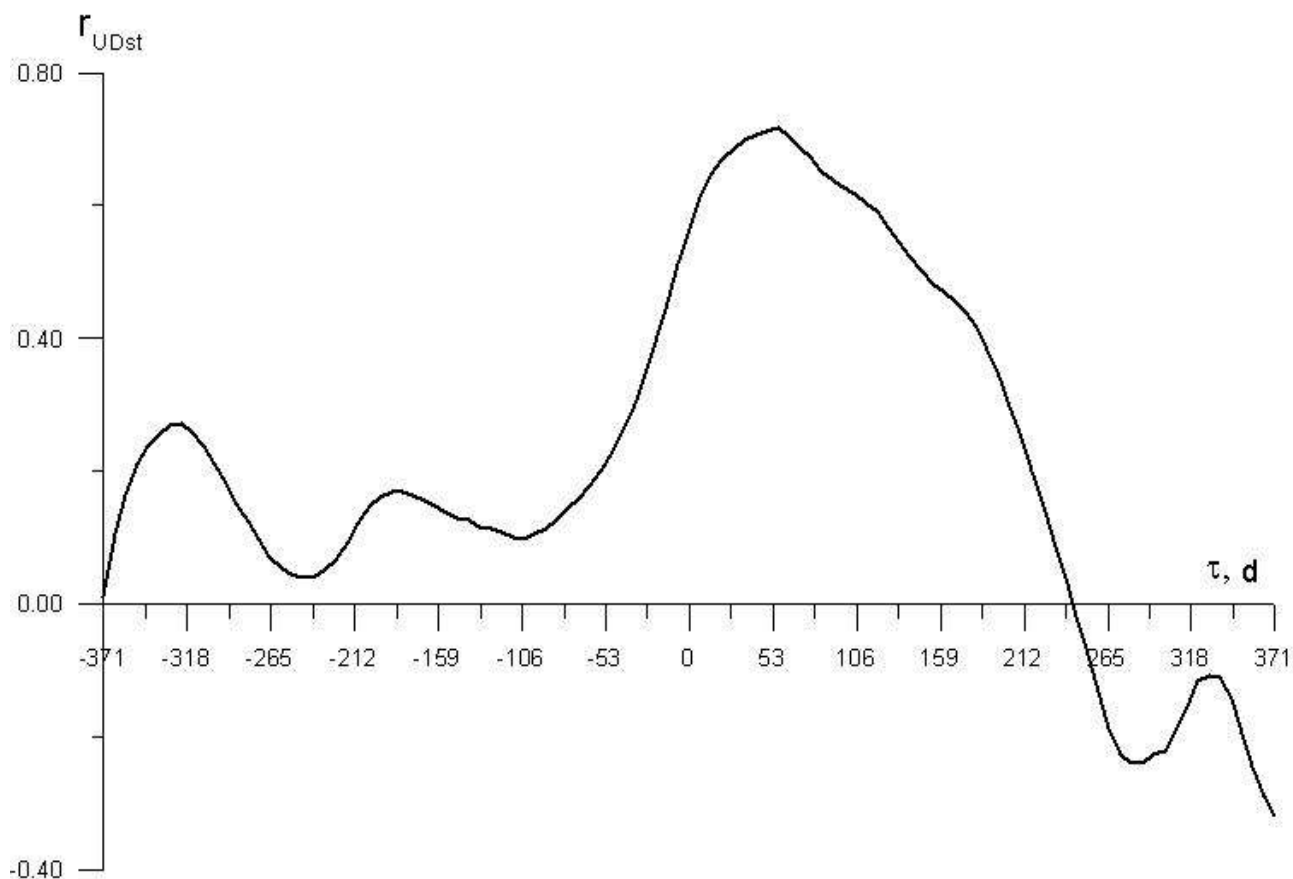


Рис. 4. Корреляционная функция сигнала электродного детектора U и геомагнитной активности Dst на периодах $T > 31.8$ сут. $\tau < 0$ соответствует запаздыванию U относительно Dst , $\tau > 0$ - опережению.

Но в длиннопериодной области имеется коррелированная нелокальная помеха от солнечной активности. Более того, прямое влияние солнечной активности преобладает над геомагнитной [14-16]. Хотя для будущих практических приложений эффекта нелокальности для прогноза геомагнитной активности такое прямое влияние ее причины даже полезно, мы попытались, насколько возможно, ослабить его. Дело в том, что благодаря нелинейным эффектам генерации геомагнитной активности как отклика на солнечную, имеются (случайные) длиннопериодные спектральные максимумы Dst , в то время как амплитуда любого индекса солнечной активности возрастает в сторону длинных периодов, по крайней мере до года, почти монотонно (нет определенных спектральных линий в упомянутом диапазоне). Следовательно, можно уменьшить влияние солнечной активности путем широкополосной фильтрации $T_m > T > 31,8$ сут., где T_m выбирается индивидуально для каждого временного ряда как период главного спектрального максимума Dst (но не более очевидно детерминированного периода 1 год). Эта процедура была возможна для всех наших реализаций, кроме I_2 (которая слишком коротка). Оптимальное значение T_m оказалось 136 сут. для U , 365 сут., для I_1 и 187 сут. для d . После такой фильтрации вид корреляционной

функции усложняется и ее асимметрия уменьшается, но остается значимой : $1,20 \pm 0,01$ для U , $1,10 \pm 0,01$ для I_1 (при $1,23 \pm 0,02$ для I_2) и $1,58 \pm 0,02$ для d . В качестве примера такая корреляционная функция показана на рис.5. Соответствующая величина корреляции (и положение τ) равны: $-0,59 \pm 0,01$ при $\tau = 130$ сут. для U ; $-0,952 \pm 0,004$ при $\tau = 90$ сут. для I_1 ; $-0,82 \pm 0,01$ при $\tau = 130$ сут. для I_2 ; $-0,875 \pm 0,008$ при $\tau = 220$ сут. для d .

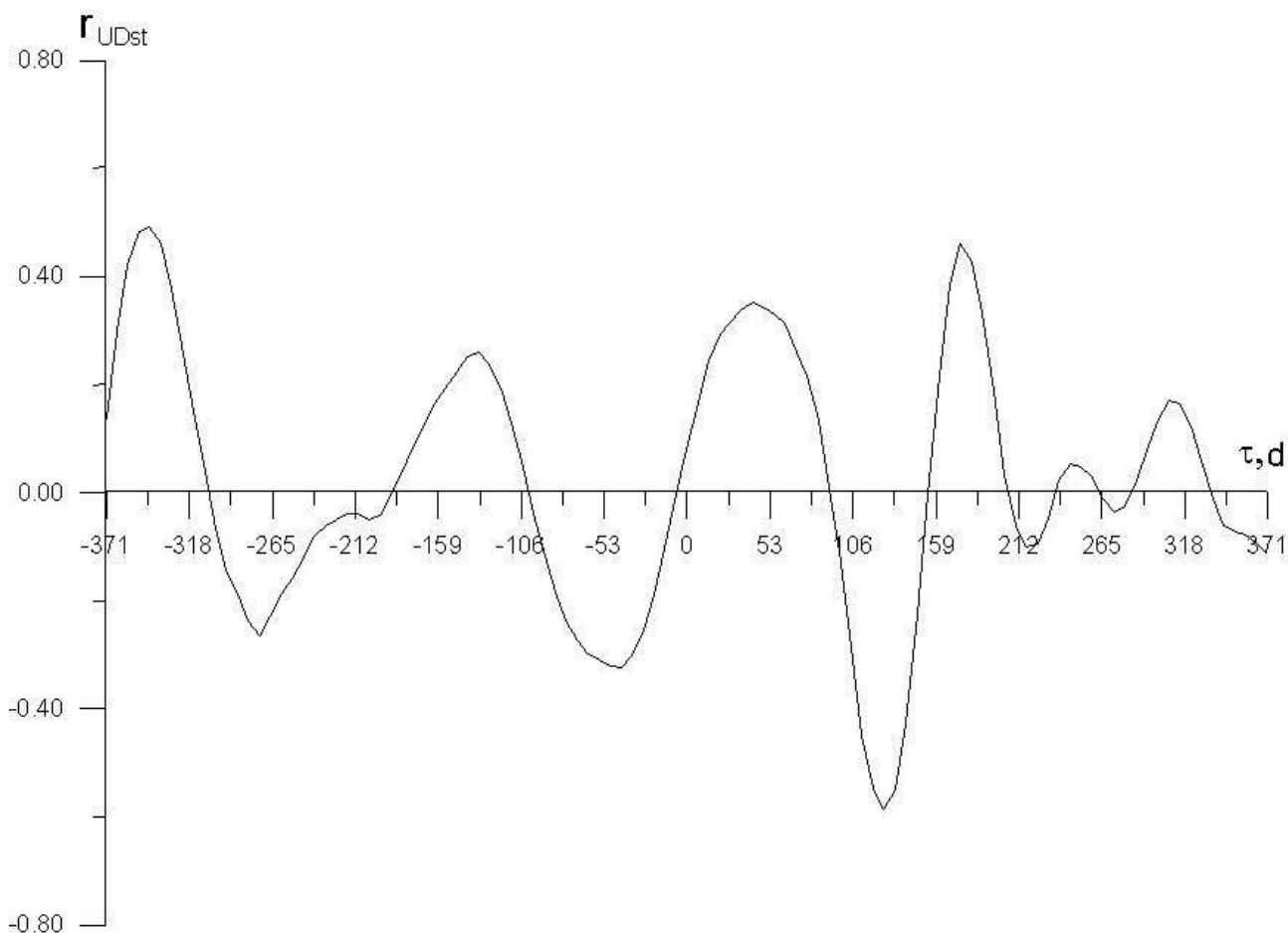


Рис. 5. Корреляционная функция сигнала электродного детектора U и геомагнитной активности Dst на периодах $136 \text{ сут.} > T > 31.8 \text{ сут.}$ $\tau < 0$ соответствует запаздыванию U относительно Dst , $\tau > 0$ -опережению.

Расхождение между величинами $r(\tau)$ объясняется прежде всего нестационарностью процессов производства энтропии и распространения запутанности и, кроме того, различными шумовыми свойствами детекторов. Возможно имеется несколько типичных временных сдвигов, соответствующим различным модам процессов (для генерации Dst таковыми являются поперечный ток в хвосте магнитосферы, экваториальный электроджет и т.д.). Например, экстремум корреляции при $\tau \approx 130$ сут. есть везде, но например для U он главный, а для d второй ($r = -0,70 \pm 0,001$). Мы можем сдвинуть реализации U и d назад во

времени относительно Dst на эту величину $\tau = 130$ сут. и увидеть прогностический эффект (рис.6). Заметим, что U и d менее сходны друг с другом, чем каждая из них с Dst .

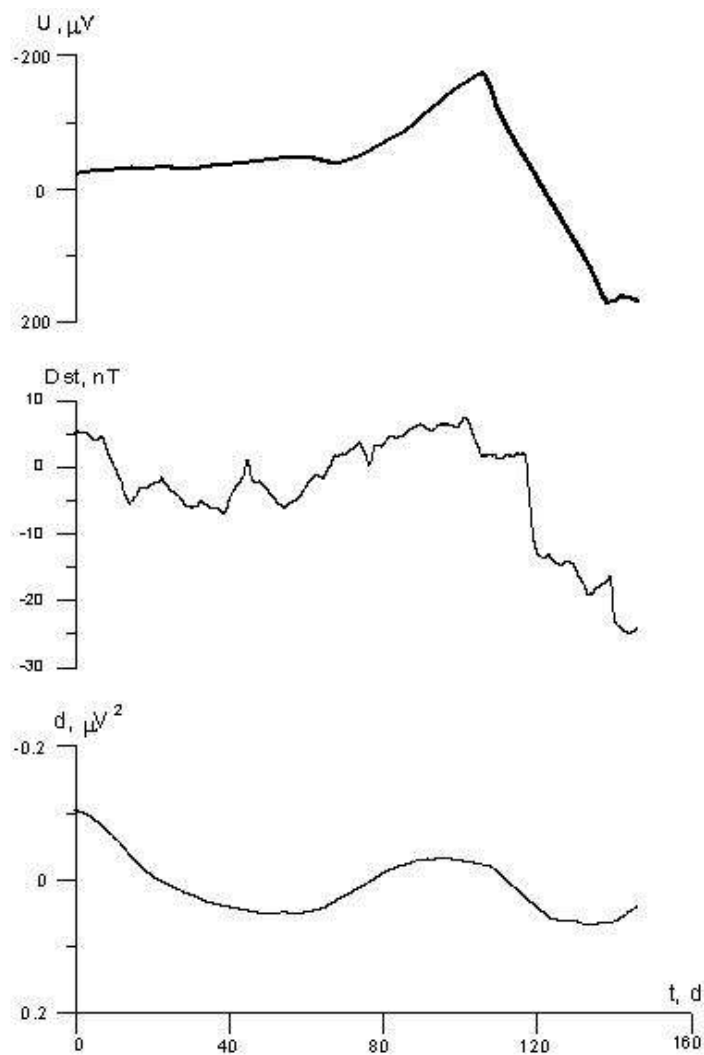


Рис. 6. Сигналы электродного детектора U и детектора подвижности ионов d прогнозируют геомагнитную активность Dst с опережением 130 сут.

Оптимальный временной сдвиг для полных реализаций U , I_1 и I_2 демонстрирует прогностический эффект вполне ясно. (рис. 7-9).

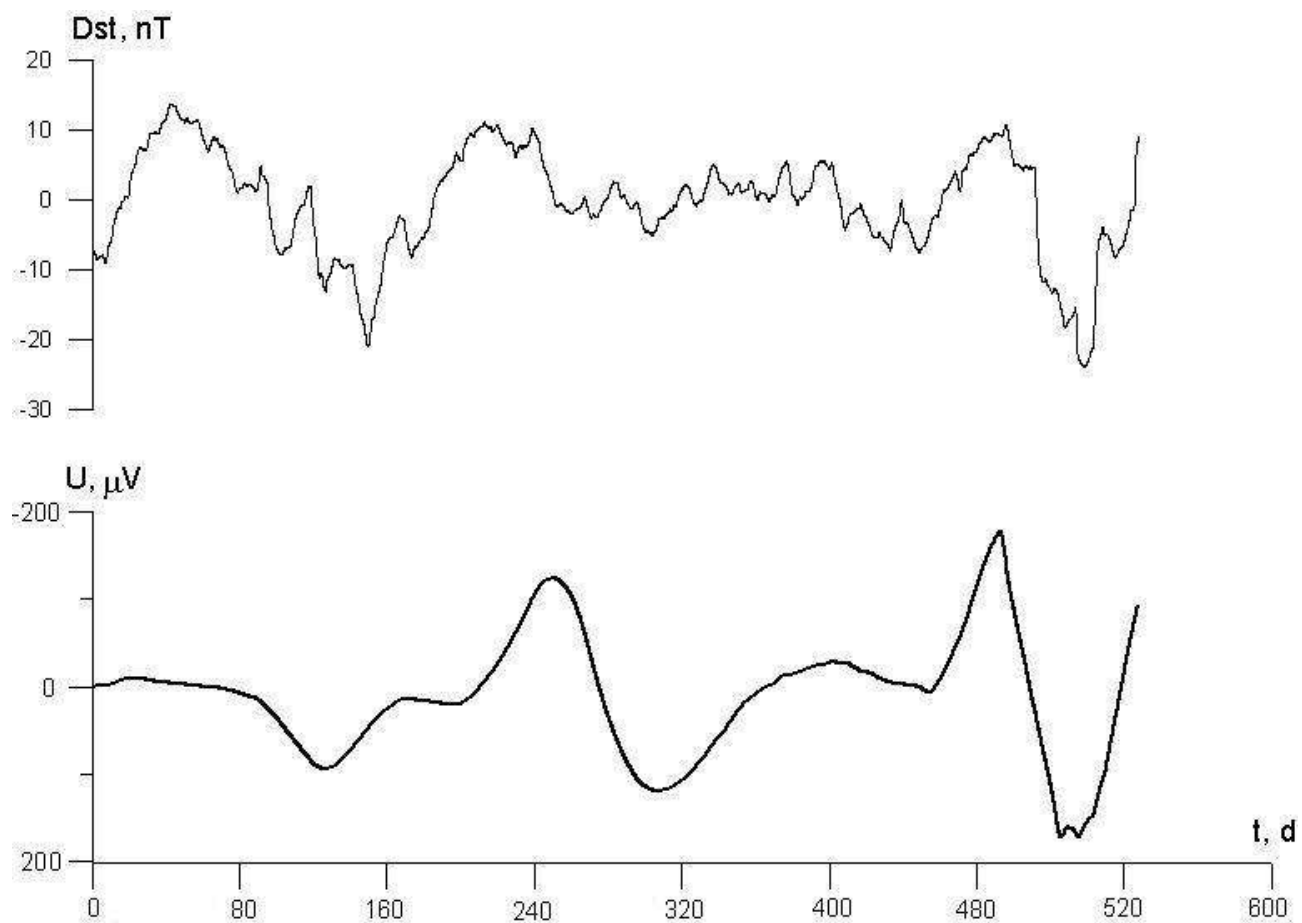


Рис. 7. Сигнал электродного детектора U прогнозирует геомагнитную активность Dst с опережением 130 сут.

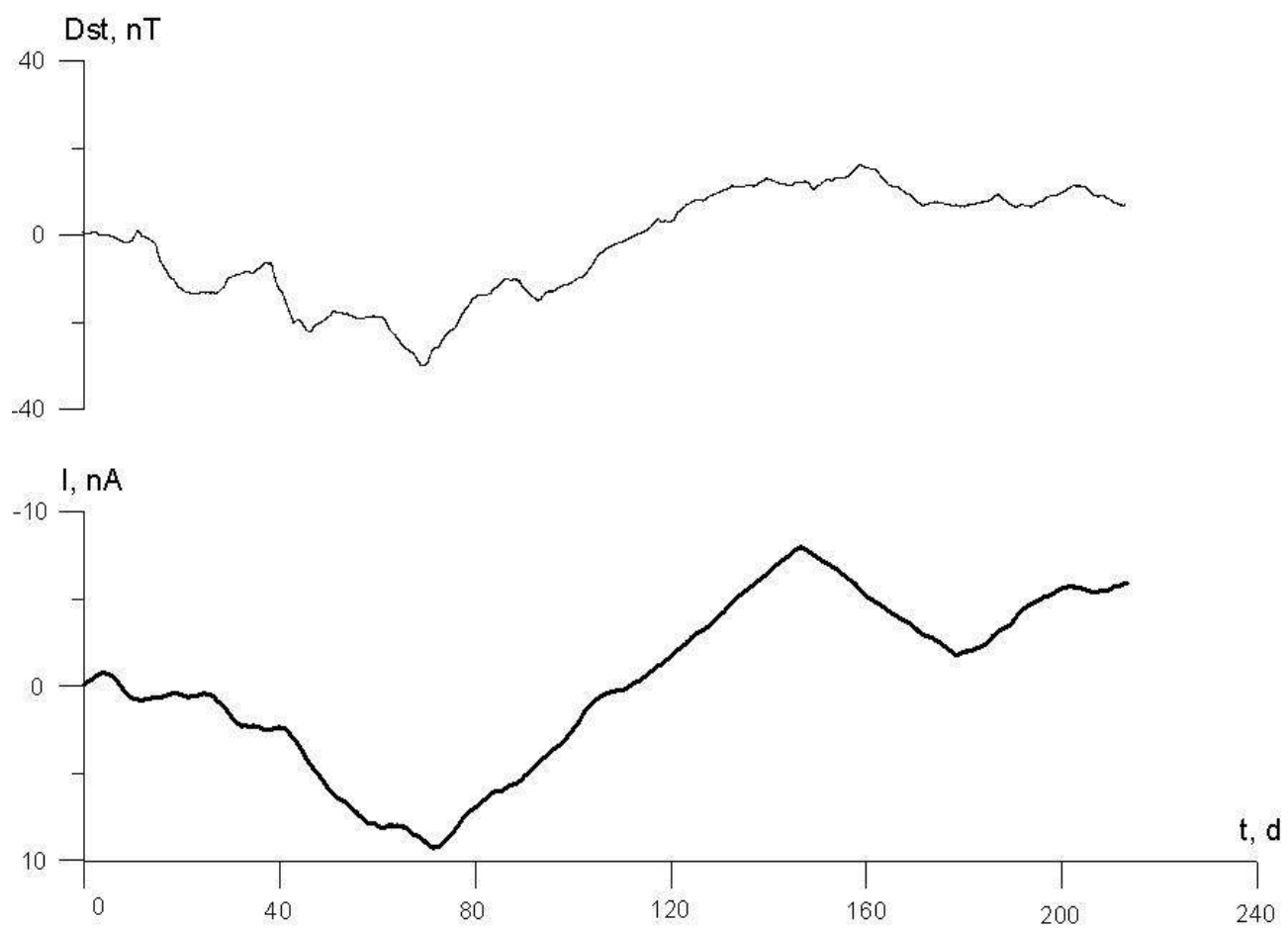


Рис. 8. Сигнал фотокатодного детектора I (реализация I_1) прогнозирует геомагнитную активность Dst с опережением 90 сут.

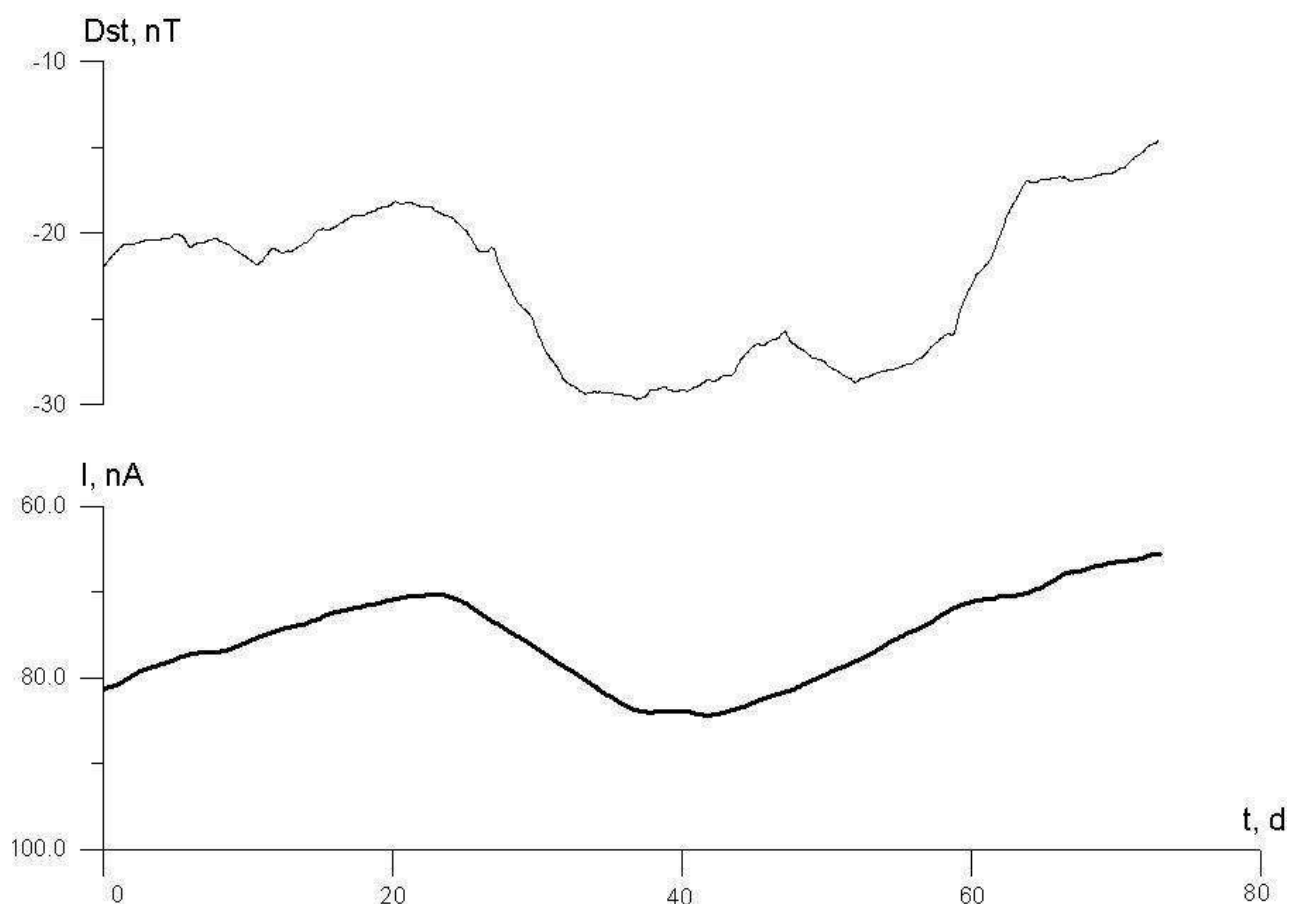


Рис. 9. Сигнал фотокатодного детектора I (реализация I_2) прогнозирует геомагнитную активность Dst с опережением 130 сут.

Можно заметить общую особенность всех этих прогностических картин: кривые сигналов детекторов являются более гладкими, чем Dst . Высокочастотные (мелкомасштабные) детали отсутствуют в сигналах. Следовательно, мы получаем фоновый прогноз, что и следовало ожидать.

Конечно, мы продемонстрировали лишь принципиальную возможность прогноза. Процессы далеки от δ -коррелированных, поэтому для реального прогноза должна использоваться процедура множественной, возможно нелинейной регрессии.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были описаны результаты обработки и интерпретации натурального эксперимента по наблюдению эффекта макроскопической нелокальности. Через производства энтропии в источнике и в пробном процессе оценено сечение взаимодействия, которое оказалось порядка сечения атома. Наиболее интересным свойством макроскопической нелокальности является наличие опережающих корреляций высокого уровня и с большим временным

сдвигом. Была продемонстрирована возможность применения этого свойства для долгосрочного прогноза случайной составляющей геомагнитной активности.

Вопросы о корреляции пробных процессов с солнечной активностью будут рассмотрены в последующих публикациях. Но важнейшей, хотя и очень трудной проблемой в настоящее время является развитие теории механизма сохранения квантовой нелокальности на макроуровне, поскольку наша эвристическая модель является, безусловно грубой и, возможно, наивной аппроксимацией.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 05-05-64032).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Cramer J.G.* The transactional interpretation of Quantum Mechanics // *Rev.Mod. Phys.* 1986. V. 58. P. 647-688.
2. *Cramer J.G.* Generalized absorber theory and the Einstein-Podolsky-Rosen paradox // *Phys. Rev. D.* 1980. V.22. N 2. P. 362-376.
3. *Elitzur A.S., Dolev S.* Is there more to T ? // *The Nature of Time : Geometry, Physics and Perception.* Kluwer Academic Publishers, 2003. P. 297-306.
4. *Home D., Majumdar A.S.* Incompatibility between quantum mechanics and classical realism in the strong macroscopic limit // *Phys. Rev. A.* 1995. V.52. N 6. P. 4959-4962.
5. *Gosh S., Rosenbaum T.F., Aeppli G.A., Coppersmith S.N.* Entanglement quantum state of magnetic dipoles // *Nature.* 2003. N 425. P. 48.
6. *Башиаров А.М.* Декогеренция и перепутывание при радиационном распаде двухатомной системы // *ЖЭТФ.* 2002. Т.121. Вып.6. С. 1249-1260.
7. *Hoyle F., Narlikar J.V.* Cosmology and action-at-a-distance electrodynamics // *Rev. Mod. Phys.* 1995. V. 67. N 1. P. 113-156.
8. *Коротаев С.М., Сердюк В.О., Сорокин М.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. V. 24. N 8. P. 735-740.
10. *Коротаев С.М., Сердюк В.О., Сорокин М.О.* Проявление макроскопической нелокальности в геомагнитных и солнечно-ионосферных процессах // *Геомагнетизм и аэрономия.* 2000. Т. 40. №3. С. 56-64.

11. *Коротаев С.М., Морозов А.Н., Сердюк В.О., Сорокин М.О.* Проявление макроскопической нелокальности в некоторых естественных диссипативных процессах // Известия высших учебных заведений Физика. 2001. №5. С. 3-14.
12. *Korotaev S.M., Morozov A.N., Serdyuk V.O., Gorohov J.V.* Experimental evidence of nonlocal transaction in reverse time // Physical Interpretation of Relativity Theory. Moscow: BMSTU Press, 2003. P. 200-212.
13. *Коротаев С.М., Морозов А.Н., Горохов Ю.В., Наливайко В.И., Новыш А.В., Пулинец С.А., Сердюк В.О.* Экспериментальное исследование нелокальности некоторых магнитосферных-ионосферных и тропосферных процессов // Необратимые процессы в природе и технике. Труды второй всероссийской конференции .М.: МГТУ, 2003. С. 12-35.
14. *Korotaev S.M., Serdyuk V.O., Nalivayko V.I., Novysh A.V., Gaidash S.P., Gorohov J.V., Pulinets S.A., Kanonidi Kh. D.* Experimental estimation of macroscopic nonlocality effect in solar and geomagnetic activity // Physics of Wave Phenomena. 2003. V.11. N.1. P.46-54.
15. *Korotaev S.M., Morozov A.N., Serdyuk V.O., Nalivayko V.I., Novysh A.V., Gaidash S.P., Gorohov J.V., Pulinets S.A., Kanonidi Kh. D.* Manifestation of macroscopic nonlocality in the processes of solar and geomagnetic activity // Vestnik of BMSTU. 2004. Special Edition . P.
16. *Korotaev S.M., Serdyuk V.O., Gorohov J.V., Pulinets S.A., Machinin V.A.* Forecasting affect of macroscopic nonlocality // Frontier Perspectives. 2004. V.13. N 1. P. 41-45.
17. *Козырев Н.А.* Избранные труды. Л.: 1991.-447с.
18. *Козырев Н.А., Насонов В.В.* Новый метод определения тригонометрических параллаксов на основе измерения разности между видимым и истинным положением звезд // Проблемы исследования Вселенной. 1978. Вып. 7. С.168-179.
19. *Козырев Н.А., Насонов В.В.* О некоторых свойствах времени, обнаруженных астрономическими наблюдениями // Проблемы исследования Вселенной. 1980. Вып. 9. С. 76-84.
20. *Морозов А.Н.* Необратимые процессы и броуновское движение. МГТУ, 1997.
21. *Рокитянский И.И.* Индукционные зондирования Земли. Киев: Наукова Думка, 1981.-296с.
22. *Коротаев С.М., Сердюк В.О., Сорокин М.О., Мачинин В.А.* Экспериментальное исследование нелокальности контролируемых диссипативных процессов // Физическая мысль России. 2000. N 3. С. 20-26.