

ОБРАТИМОСТЬ В НЕОБРАТИМОМ ВРЕМЕНИ

С.М. Коротаяев¹, В.О.Сердюк¹, Ю.В. Горохов²

¹*Центр геоэлектромагнитных исследований Института физики Земли РАН,*
serdyuk@izmiran.rssi.ru

²*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН,*
jugoroh@mail.ru

1. Введение. Работы Н.А. Козырева, посвященные развитию нового физического направления – причинной механики [1-4] встретили в свое время, в целом, негативную реакцию. Хотя основной постулат причинной механики – признание фундаментальной необратимости времени выглядит естественно, логические и экспериментальные выводы были настолько неожиданны (при слабо формализованной теории и не слишком строгой постановке экспериментов), что они не могли быть восприняты. После Н.А. Козырева некоторые его результаты были успешно воспроизведены в различных лабораториях (например, [5-7]), но это не изменило ситуацию ввиду нечеткости формулировки проверяемой гипотезы и нестрогости экспериментов.

Один из важнейших результатов причинной механики заключается в том, что несимметричное (необратимое) время является активной субстанцией, через него осуществляется универсальное взаимодействие изолированных диссипативных процессов любой природы, причем это взаимодействие идет как с запаздыванием, так и с опережением. Последнее дает возможность, в некотором смысле, наблюдать будущее как существующую реальность. Этот вывод поразителен сам по себе и парадоксален логически, поскольку исходным постулатом являлась как раз наиболее радикальное утверждение о необратимости (обычно обратимость считается свойством не времени, а «частных» систем).

В настоящей работе кратко описываются результаты экспериментального развития этих идей, касающиеся взаимодействия процессов в обратном времени.

2. Макроскопическая нелокальность. К началу 90-х годов аксиоматику причинной механики, в том числе, само понятие причинности удалось формализовать [8]. Далее, анализ показал, что свойства козыревского взаимодействия диссипативных процессов феноменологически подобны свойствам квантовых нелокальных корреляций [9]. В частности, интерпретация квантовой нелокальности в рамках теории прямого межчастичного взаимодействия Уилера-Фейнмана [10] обосновывает существование сигналов в обратном времени. Это ведет к наблюдаемости опережающих корреляций неизвестных состояний [11] или, иначе выражаясь, случайных процессов. Появилась идея об асимптотическом сохранении квантовых корреляций в сильном макропределе, проверенная в численном [12] и реальном [13] экспериментах. Был обнаружен новый путь

формирования запутанных состояний через общий термостат (которым может служить электромагнитное поле) и этот путь требует диссипативности квантово-коррелированных процессов. Это означает, что диссипативность может не только вести к декогеренции, но и, напротив, играть конструктивную роль.

Наша идея состояла во включении диссипативности в рамках квантовой теории прямого межчастичного взаимодействия [14], аксиоматика которой математически сходна с аксиоматикой причинной механики [9,15]. Это позволило предложить следующий вид уравнения макроскопической нелокальности, описывающем фактические результаты Н.А. Козырева [9,16-18]:

$$\mathcal{S} = \sigma \int \frac{\mathcal{S}}{x^2} \delta(t^2 - \frac{x^2}{v^2}) dV$$

где \mathcal{S} – производство энтропии в пробном процессе (детекторе), $\sigma \approx e^4 / m^2 c^4 \approx 10^{-20} \text{ м}^2$ – сечение взаимодействия, e , m – заряд и масса электрона, $c_2 \approx 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/с}$ – ход времени [1], \mathcal{S} – плотность производства энтропии в процессах-источниках, x – расстояние, t – время, $v^2 \leq c^2$, интегрирование ведется по объему источников, δ – функция показывает, что взаимодействие идет с запаздыванием и симметричным по времени опережением. Если взаимодействие идет через среду по межчастичным цепям через микроскопические поля Уилера-Фейнмана, результирующие сдвиги обоих знаков будут велики. В классическом пределе $c_2 \rightarrow \infty$ [1] эффект исчезает.

Данное уравнение в своем простейшем виде не учитывает поглощения промежуточной средой. Его влияние, однако, очень своеобразно. В [14] доказано, что хотя уравнения теории симметричны по времени, фундаментальная асимметрия времени проявляется через асимметрию эффективности поглощения: если запаздывающее поле поглощается полностью, то поглощение опережающего поля, напротив, обязано быть неполным. Это может вести к тому, что уровень опережающих корреляций пробного процесса с процессами – источниками окажется выше запаздывающих.

Задачей эксперимента является установление связи изменений энтропии в пробном процессе и процессах-источниках при условии подавления всех классических воздействий (температура, электромагнитное поле и т.д.).

В настоящее время созданы две экспериментальные установки – ИГЭМИ и ЦПФ. В первой используются детекторы нелокальных корреляций на основе процессов спонтанных вариаций собственных потенциалов слабополяризуемых электродов в электролите и темновой эмиссии фотокатода. Во второй используется детектор на основе флуктуаций подвижности ионов электролита. Теория детекторов позволяет связать измеряемый сигнал с производством энтропии в пробном процессе, т.е. рассчитывать левую часть уравнения макроскопической нелокальности и осознано принять исчерпывающие меры по подавлению локальных помех. Детальное описание техники и методики экспериментов приведено в [9,16,17,19-21].

В качестве процессов – источников использовались крупномасштабные гелиогеофизические процессы с большой случайной составляющей, а также напротив – детерминированные лабораторные процессы (фазовые переходы). Поскольку, в последних наблюдается только запаздывающая корреляция [20], далее рассматриваются только первые. При этом дается сводка результатов предыдущих (1993-97г.г.) экспериментов [9, 16-19, 21-24] и подробнее приводятся некоторые результаты последнего (2001-03г.г.) эксперимента на установке ИГЭМИ.

3. Основные результаты предыдущих экспериментов. Сигналы всех детекторов коррелированы. Анализ показал, что они формируются некоторыми общими причинами, но их влияние не может быть локальным.

Таковыми общими причинами оказались (в порядке убывания интенсивности влияния): солнечная, синоптическая, геомагнитная и ионосферная активность. Надежно выделена опережающая реакция сигналов детекторов на эти процессы. Запаздывающая реакция всегда меньше. Порядок величины опережения (и запаздывания) велик – от 10 часов до 100 суток. Величина реакции и время опережения растут с ростом пространственного масштаба процессов-источников.

Нелокальный характер корреляции доказан нарушением неравенств типа Белла.

Уравнение макроскопической нелокальности количественно проверено на примере процесса геомагнитной активности.

Уровень опережающей корреляции позволил продемонстрировать возможность использования эффекта макроскопической нелокальности для прогноза солнечной, геомагнитной и синоптической активности.

4. Новые результаты. Эксперимент 2001-03гг. является самым длительным целенаправленным экспериментом такого рода. Длительность важна потому, что эффект лучше проявляется на крайне низких частотах. Получен ряд непрерывных наблюдений с электродным детектором U с 22/10/2001 по 27/10/2003 и два ряда с фотокатодным детектором: I_1 с 22/10/2001 по 24/06/2003 и I_2 с 14/07/2003 по 27/10/2003. Дискретизация данных 1 час.

Здесь мы коснемся только реакции детекторов на геомагнитную активность. Хотя ее влияние на детекторы меньше прямого влияния солнечной активности (именно через анализ соотношения зависимостей сигнала детектора от этих двух процессов лежит один из способов доказательства нарушения неравенства типа Белла [24]), геомагнитная активность представляет примечательный процесс-источник. Во-первых, детекторы сами по себе совершенно нечувствительны к магнитному полю и во-вторых, омическая диссипация в источнике поле и вместе с ней – интеграл в правой части уравнения макроскопической нелокальности легко оценивается [9,16,17,19,21,22]. В качестве индекса геомагнитной активности избран Dst – индекс, отражающий наиболее крупномасштабные процессы [23].

Выделение в спектре сигналов части обусловленной Dst и расчет всех членов уравнения макроскопической нелокальности, оставляя сечение взаимодействие в качестве единственного неизвестного параметра, позволило оценить последнее. По данным фотокатодного детектора получено $\sigma \approx 5 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$, электродного - $\sigma \approx 8 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$, т.е. порядка сечения атома в соответствии с теоретической оценкой.

При изучении опережающей реакции для выделения сигнала, обусловленного случайной компонентой геомагнитной активности применялась фильтрация с подобранными из анализа спектров полосой пропускания: $136 \text{ сут.} > T > 31,8 \text{ сут.}$ для U , $365 \text{ сут.} > T > 31,8 \text{ сут.}$ для I_1 и $T > 31,8 \text{ сут.}$ для I_2 . Далее рассчитывалась корреляционная функция сигнала детектора с Dst в диапазоне

сдвигов времени $\tau \pm 371$ сут. ($\tau < 0$, соответствует запаздывающей корреляции r^{ret} , $\tau > 0$ – опережающей r^{adv}).

По всем рядам опережающая корреляция надежно превышает запаздывающую. Асимметрия корреляций $\max |r^{\text{adv}}| / \max |r^{\text{ret}}|$ составила: $1,20 \pm 0,01$ для U , $1,10 \pm 0,01$ для I_1 и $1,23 \pm 0,002$ для I_2 . Главные экстремумы опережающей корреляции равны: $-0,59 \pm 0,01$ при $\tau = 130$ сут. для U , $-0,952 \pm 0,004$ при $\tau = 90$ сут. для I_1 и $-0,82 \pm 0,01$ при $\tau = 130$ сут. для I_2 . Отрицательный знак корреляции соответствует теории [9]. Расхождение между величинами (r, τ) объясняются нестационарностью процесса производства энтропии и диффузии запутанности состояний, а также различными шумовыми свойствами детекторов.

Можно сдвинуть реализации Dst и сигналов детекторов на соответствующую величину τ и наглядно убедиться в прогностическом эффекте (рис. 1-3).

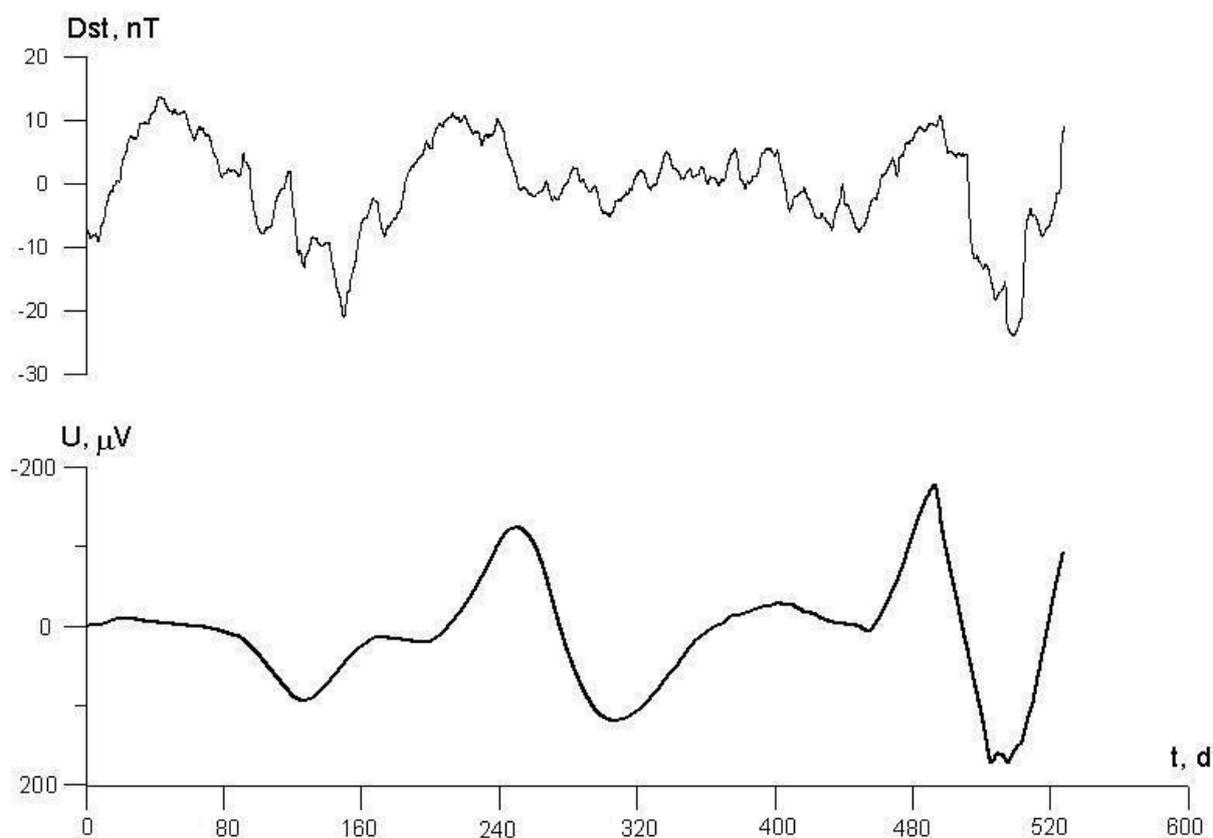


Рис. 1. Сигнал электродного детектора U прогнозирует геомагнитную активность Dst с заблаговременностью 130 сут. (t – время в сут. для U).

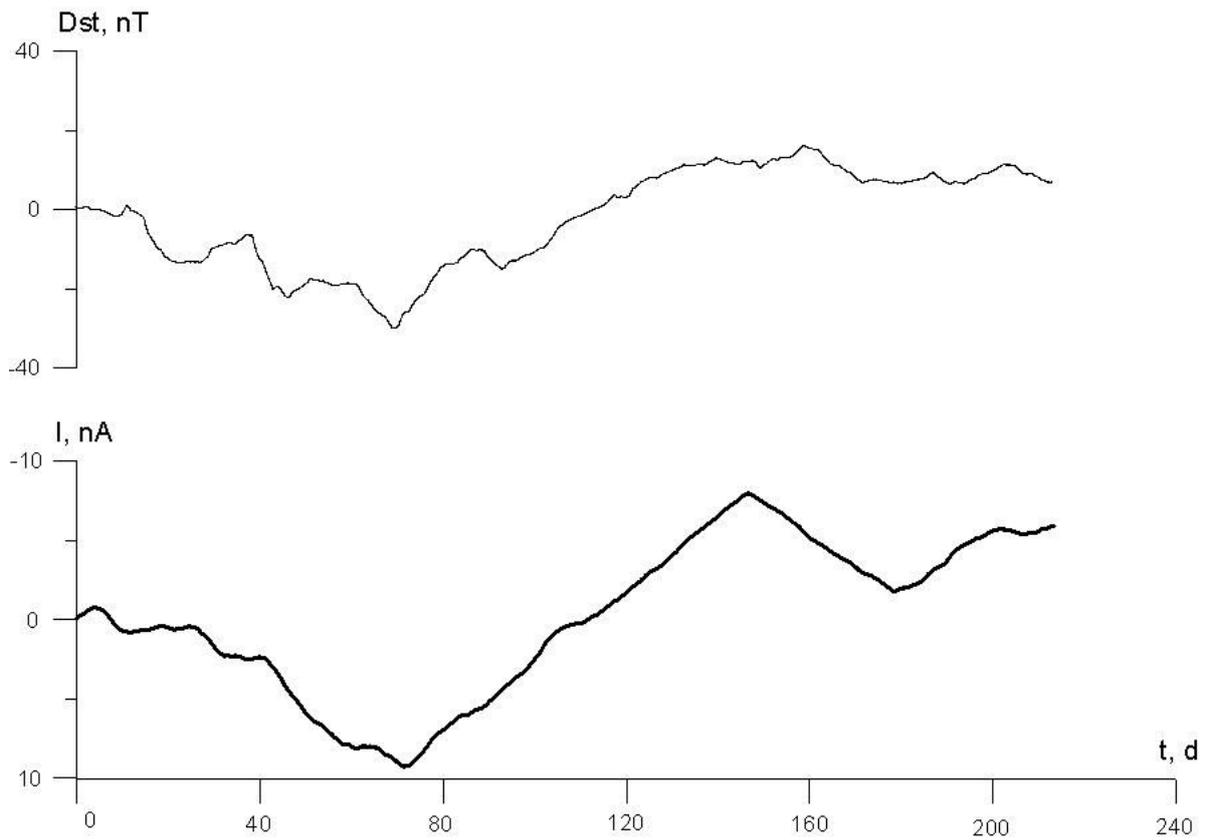


Рис. 2. Сигнал фотокатодного детектора I (ряд I_1) прогнозирует геомагнитную активность Dst с заблаговременностью 90 сут. (t – время в сут. для I).

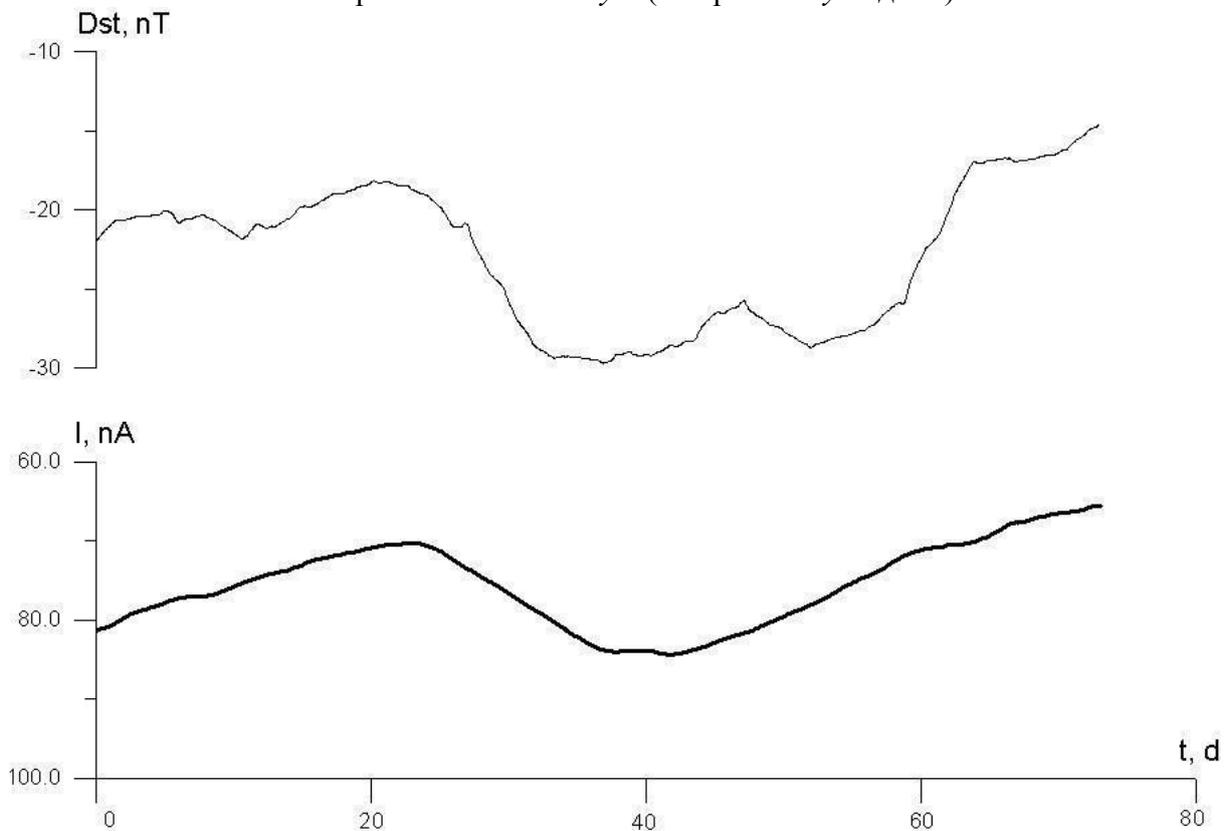


Рис. 3. Сигнал фотокатодного детектора I (ряд I_2) прогнозирует геомагнитную активность Dst с заблаговременностью 130 сут. (t – время в сут. для I).

5. Заключение. Эксперименты на современном уровне строгости подтверждают результаты Н.А. Козырева об удивительном проявлении обратимости в необратимом времени – возможности наблюдения будущих случайных состояний (не детерминированных предшествующей эволюцией). Вместе с тем, уравнение макроскопической нелокальности – пока не более чем эвристическая модель, поэтому развитие последовательной теории крайне актуально. Использование эффекта макроскопической нелокальности для прогноза, в частности, геомагнитной активности уже возможно.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 05-05-64032).

Литература

1. Н.А.Козырев, *Избранные труды* (Л.: ЛГУ, 1991).
2. Н.А.Козырев, В.В.Насонов, Проблемы исследования Вселенной, **7**, 168 (1978).
3. Н.А.Козырев, В.В.Насонов, Проблемы исследования Вселенной, **9**, 76 (1980).
4. Н.А.Козырев, Проблемы исследования Вселенной, **9**, 85 (1980).
5. D.Savage, in *Progress in Space-Time Physics*, edited by V.Wesely (Blumberg, 1987), p.242.
6. М.М.Лаврентьев, И.А.Еганова, В.Г.Медведев, В.К.Олейник, С.Ф.Фоминых, ДАН, **323** (4), 649 (1992).
7. H. Hayasaka and S. Takeuchi, Phys. Rev. Lett., **63**, 2701 (1989),
8. S.M.Korotaev, Galilean Electrodynamics, **4** (5), 86 (1993).
9. С.М.Коротаев, М.О.Сорокин, В.О.Сердюк, Ю.М.Абрамов, Физическая мысль России, **2**, 1 (1998).
10. J.G.Cramer, Phys. Rev. D, **22**, (1980).
11. A.C.Elitzur and S.Dolev, in *The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception*, edited by R.Bucceri (Kluwer Academic Publishers, 2003), p.297.
12. D.Home and A.S.Majumdar, Phys. Rev. A, **52**, 4959 (1995).
13. S. Gosh, T.F. Rosenbaum, G.A. Aeppell and S.N.Coppersmith, Nature, **425**, 48(2003).
14. F.Hoyle and J.V.Narlikar, Rev. Mod. Phys., **67**, 113 (1995).
15. S.M. Korotaev, Galilean Electrodynamics, **11**(2), 29(2000).

16. S.M.Korotaev, V.O.Serdyuk, and M.O.Sorokin, Galilean Electrodynamics, **11** (2), 23 (2000).
17. S.M.Korotaev, A.N.Morozov, V.O.Serdyuk, and J.V.Gorohov, in *Physical Interpretation of Relativity Theory*, edited by M.C.Duffy (Moscow: BMSTU Press), p.200.
18. S.M.Korotaev, V.O.Serdyuk, V.I.Nalivaiko, A.V.Novysh, S.P.Gaidash, Yu.V.Gorokhov, S.A.Pulinets and Kh.D.Kanonidi, Phys. Wave Phenomena, **11** (1), 46 (2003).
19. С.М.Коротаев, В.О.Сердюк, М.О.Сорокин, Геомагнетизм и аэрономия, **40** (3), 56 (2000).
20. С.М.Коротаев, В.О.Сердюк, М.О.Сорокин, В.А.Мачинин, Физическая мысль России, **3**, 20 (2000).
21. С.М.Коротаев, А.Н.Морозов, В.О.Сердюк, М.О.Сорокин, Известия высших учебных заведений. Физика, **5**, 3 (2002).
22. S.M.Korotaev, V.O.Serdyuk, M.O.Sorokin and J.M.Abramov, Phys. Chem. Earth A, **24** (8), 735 (1999).
23. С.М.Коротаев, А.Н.Морозов, Ю.В.Горохов, В.И.Наливайко, А.Н.Новыш, С.А.Пулинец, В.О.Сердюк, в: *Необратимые процессы в природе и технике. Труды второй всероссийской конференции* (М.: МГТУ, 2003), с.12.
24. S.M.Korotaev, V.O.Serdyuk, J.V.Gorohov, S.A.Pulinets and V.A.Machinin, Frontier Perspectives, **13** (1), 42 (2004).