

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
Дубна

P18-2011-98

И. А. Еганова^{1,*}, В. Каллис, В. Н. Самойлов,
В. И. Струминский¹

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ДУБНА–НАУЧНЫЙ–НОВОСИБИРСК:
ФАКТОР СОЛНЦА

¹Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, Новосибирск, Россия

*E-mail: eganova@math.nsc.ru

2011

Еганова И. А. и др.
Геофизический мониторинг *Дубна–Научный–Новосибирск*:
фактор Солнца

P18-2011-98

Рассматривается зафиксированный в новосибирской точке мониторинга *Дубна–Научный–Новосибирск* эффект уменьшения массы контролируемой открытой геологической системы, который связан с Солнцем. Обсуждается фазовая траектория массы и показывается, что наблюдающаяся годовая динамика массы ряда минералов (минеральных агрегатов) обусловлена этим эффектом, а также что минутная динамика массы содержит определенную функциональную зависимость — так называемая размерность вложения равна четырем. В заключении указаны возможные области применения данного эффекта, а в приложении, которое представляет самостоятельный интерес, раскрывается физический смысл нормированного размаха Херста и предлагается некоторый практический способ для сопоставления временных структур.

Работа выполнена в Научном центре прикладных исследований ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2011

Eganova I. A. et al.
Dubna–Nauchny–Novosibirsk Geophysical Monitoring: The Sun Factor

P18-2011-98

Observed in the Siberian point of the *Dubna–Nauchny–Novosibirsk* monitoring, the phenomenon of the controlled open geological system mass decrease, which is due to the Sun, is considered. Mass phase trajectory is discussed, and it is shown that the observed annual dynamics of some mineral (mineral aggregate) mass is conditioned by this phenomenon, and minute mass dynamics contains a definite functional dependence, too — the so-called embedding dimension is equal to four. Possible range of application of this phenomenon is given in the conclusion, and in the appendix, which is of separate interest, physical meaning of the rescaled range introduced by H. E. Hurst is revealed and some practical way for temporal structures confrontation is proposed.

The investigation has been performed at the Scientific Centre for Applied Research, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2011

И. А. Еганова^{1,*}, В. Каллис, В. Н. Самойлов,
В. И. Струминский¹

¹*Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
Новосибирск, Россия*

**E-mail: eganova@math.nsc.ru*

ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
ДУБНА–НАУЧНЫЙ–НОВОСИБИРСК:
ФАКТОР СОЛНЦА

ВВЕДЕНИЕ

В методических заметках [1], посвященных понятию массы и по-прежнему остающихся актуальными, Л. Б. Окунь подчеркнул, что при изменении состояния (внутренней энергии) сложной системы ее масса изменяется. Это чисто теоретическое заключение побуждает вспомнить одно известное обстоятельство [2, 3], подмеченное в гравитационных экспериментах: в этих экспериментах «обычно обнаруживаются необъяснимые систематические эффекты». Поэтому долговременный контроль массы открытой (т. е. специально не экранированной) сложной системы с одновременным контролем условий измерения представляет интерес как с точки зрения оценки возможного естественного изменения ее внутреннего состояния, так и для выяснения природы упомянутых систематических эффектов.

Данная работа представляет результаты анализа материалов геофизического мониторинга *Дубна–Научный–Новосибирск* [4], который возник на основе предварительного изучения характера естественного поведения масс сложных систем разного происхождения и различного вещественного состава. Так, были выделены эффективные объекты наблюдения — минералы (минеральные агрегаты). Эти объекты — с их всевозможным разнообразием вещественного состава и генезиса, структуры и формы, пористости и проницаемости ограничивающей поверхности — позволили разре-

шить многие вопросы (связанные с выяснением причин наблюдающейся вариации массы) с помощью сравнительного анализа поведения их масс в регулярных наблюдениях в течение нескольких лет (1992–1997), а также в специальных наблюдениях (например, в запаянных ампулах и в эксикаторе — при изучении влияния на вариацию массы относительной влажности воздуха), см. [5, 6]. Естественная суточная динамика массы открытой системы, зафиксированная в данных мониторинга, рассматривается в п. 1, где выявляется фактор Солнца в наблюдающемся ежедневном (при определенном состоянии атмосферы) уменьшении массы контролируемой геологической системы. Эффект влияния Солнца был установлен с помощью полного солнечного затмения (1.08.2008) и многочисленных ежегодных искусственных часовых «затмений», которые устраивает расположенное вблизи точки мониторинга высотное здание-башня в зимние месяцы при малой высоте Солнца над горизонтом. Далее в п. 2 вводится соответствующее фазовое пространство и исследуются геометрические свойства фазовой траектории массы. В заключении обсуждается область применения полученных результатов. Определенный интерес представляет приложение, где рассматривается представление временной структуры физической величины с помощью динамики нормированного размаха Херста.

1. СУТОЧНАЯ ДИНАМИКА МАССЫ ОТКРЫТОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ФАКТОР СОЛНЦА

Среди всех наблюдающихся вариантов суточной динамики массы M контролируемых геологических систем особо выделяется один вариант: для него характерно определенное уменьшение величины M , которое начинается с восходом Солнца и заканчивается с его заходом. На рис. 1–4 приведены примеры такой суточной динамики M , достаточно регуляр-

но наблюдающейся в новосибирской точке мониторинга. Мониторинг ведется по Гринвичу (UT), запись измерений производится каждые 10 с. В данных мониторинга используются произвольные единицы, при этом изменение M на 0,02 соответствует изменению величины M на 0,1 мг. Для сравнения в правой части рисунков приведена динамика температуры T_{in} и отно-

сительной влажности H_{in} в помещении мониторинга, а также атмосферное давление P . Изменение T_{in} на 0,01 соответствует изменению величины T_{in} на 0,44 °С, а такое же изменение H_{in} и P соответствует изменению этих величин на 0,32 % и 0,1 мм рт. ст. Положение Солнца на небесной сфере характеризует величина S — освещенность земной поверхности.

В новосибирской точке мониторинга контролируется окатанная галька палеозойского гранита из современных речных отложений Тянь-Шаня, ее масса $M = 9$ г. В измеряемых микровариациях M присутствует вклад аэростатических сил, для этой системы он не превышает 0,12 мг.

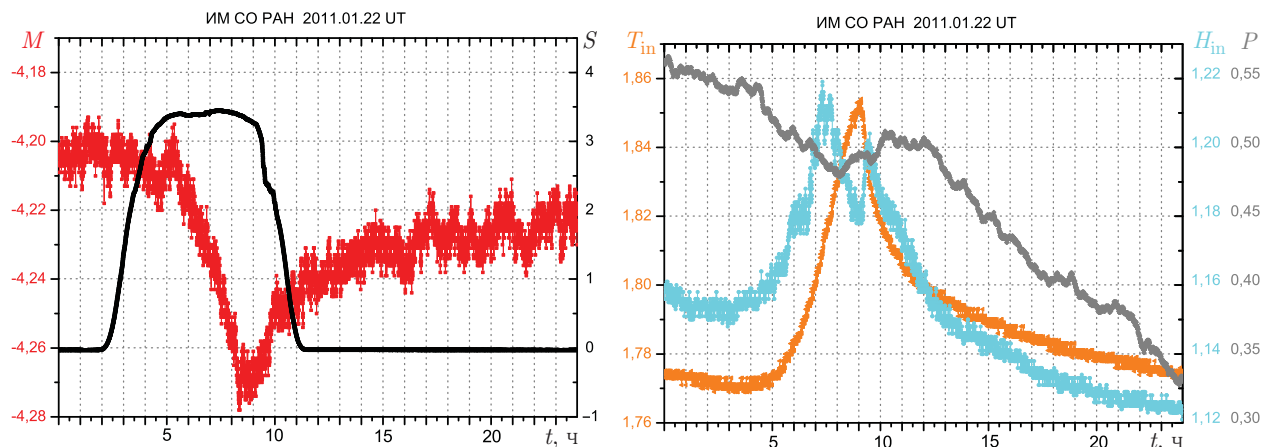


Рис. 1. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

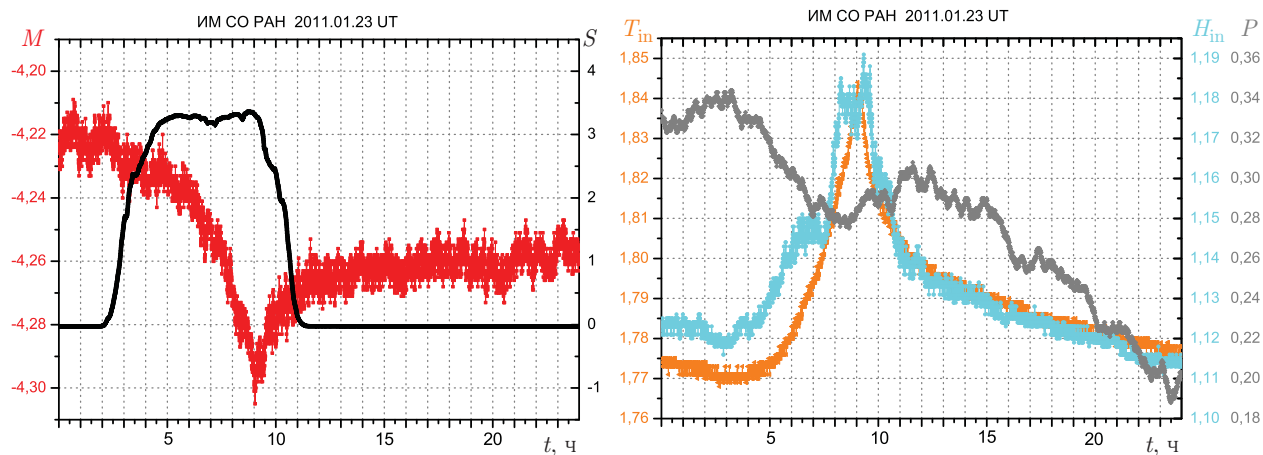


Рис. 2. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

Сравнивая атмосферные условия, при которых наблюдается этот вариант динамики M и иные варианты, видим, что последним соответствуют более низкие значения S , наличие облачности и т.п. (см. рис. 5–8; на рис. 7 можно видеть, как при уменьшении облачности после 8 ч UT сразу начинается уменьшение M). Это обстоятельство соответствует нашему предположению о том, что наблюдающееся уменьшение массы связано с негравитационным, несилковым воздействием Солнца. Имеется в виду рассмотренная в [7] апри-

орная (т.е. врожденная) взаимосвязь событий, принадлежащая временному аспекту пространства-времени. В 1978 г. возможность ее использования была реализована в новом способе астрономических наблюдений [8], который был предложен для прямого измерения тригонометрических параллаксов звезд и тогда же успешно проверен на практике. Характерные свойства этой априорной взаимосвязи событий перечислены в [8], и одно из них — экранирование данного воздействия плотными слоями атмосферы, насыщенными влагой.

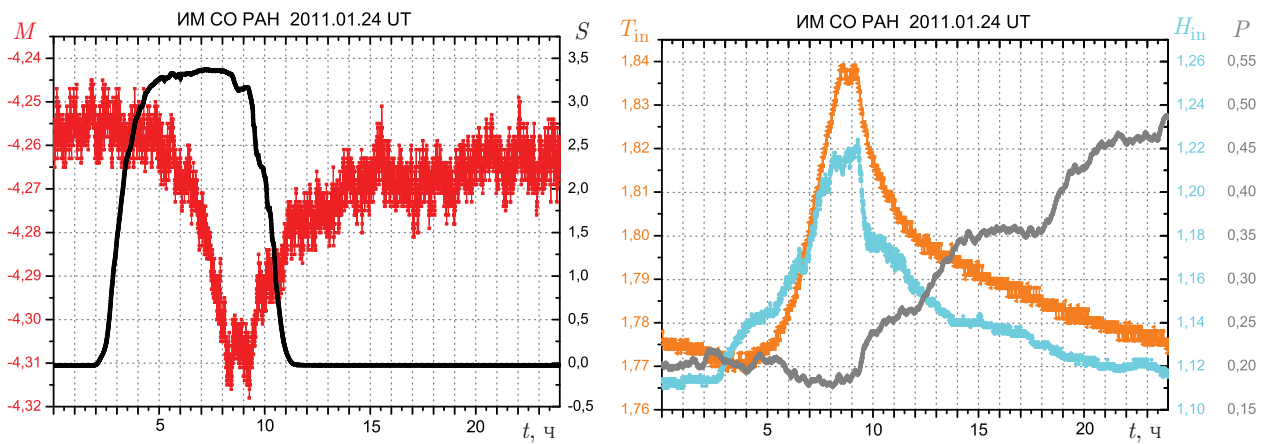


Рис. 3. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

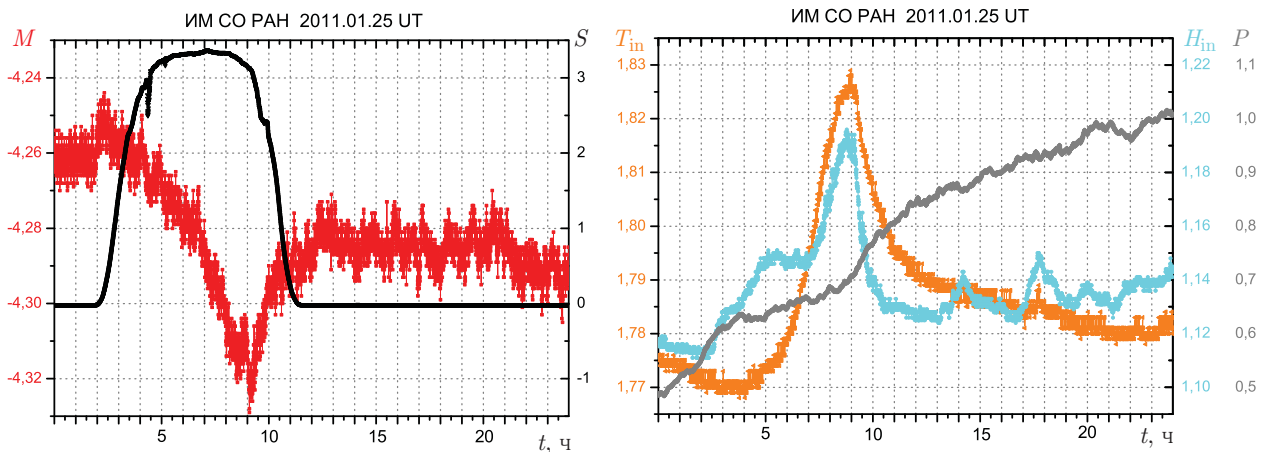


Рис. 4. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

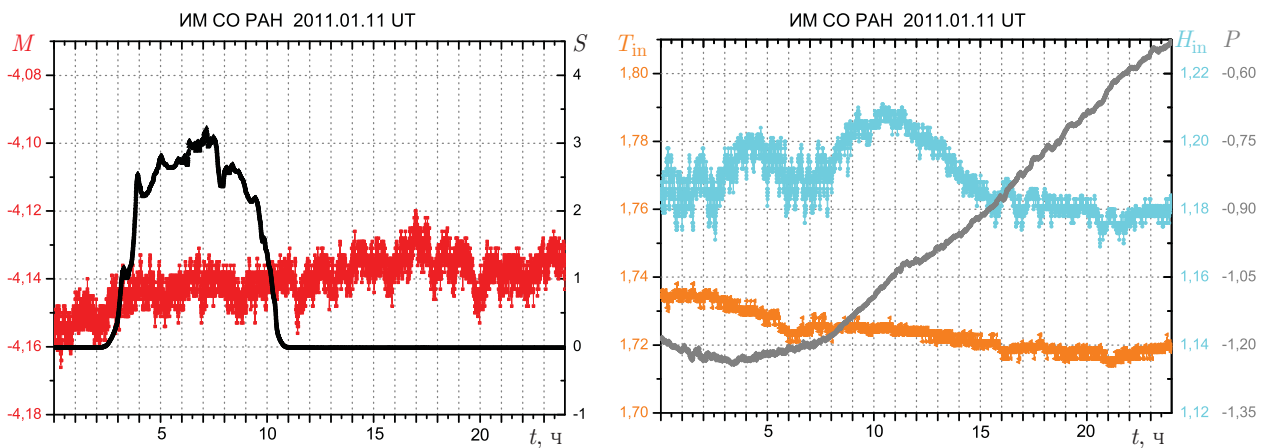


Рис. 5. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

Разумеется, чтобы сделать обоснованный вывод о прямой взаимосвязи наблюдающегося уменьшения массы геологической системы с Солнцем (точнее, с процессами, происходящими на Солнце [7]), необходимо иметь возможность проводить наблюдения, располагая дей-

ственным «регулятором» этого воздействия. Природный такой «регулятор» известен — это явление полного затмения Солнца, где в роли «регулятора» выступает Луна. Действительно, 1 августа 2008 г. при полном солнечном затмении в Новосибирске в данных мониторинга

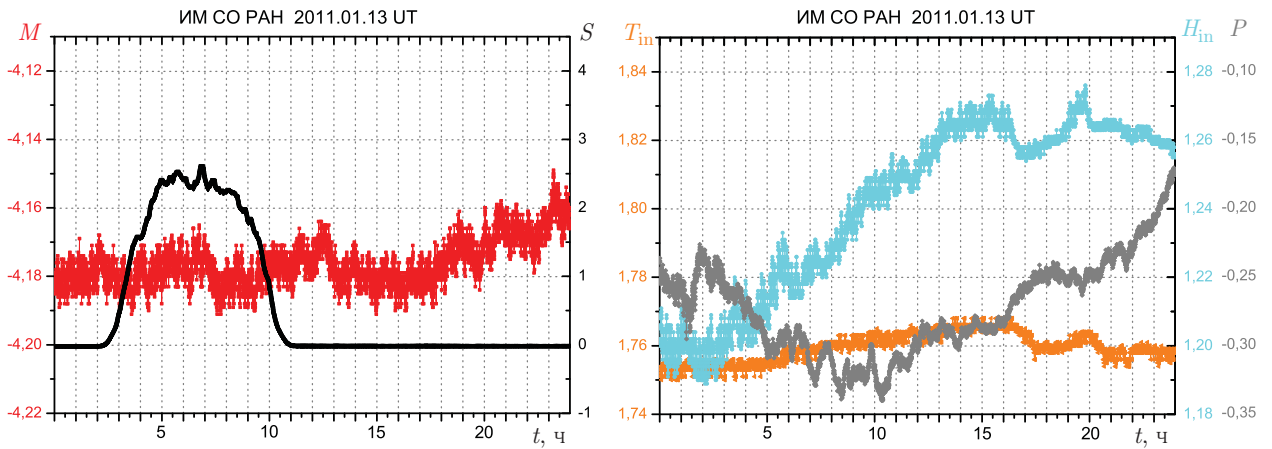


Рис. 6. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

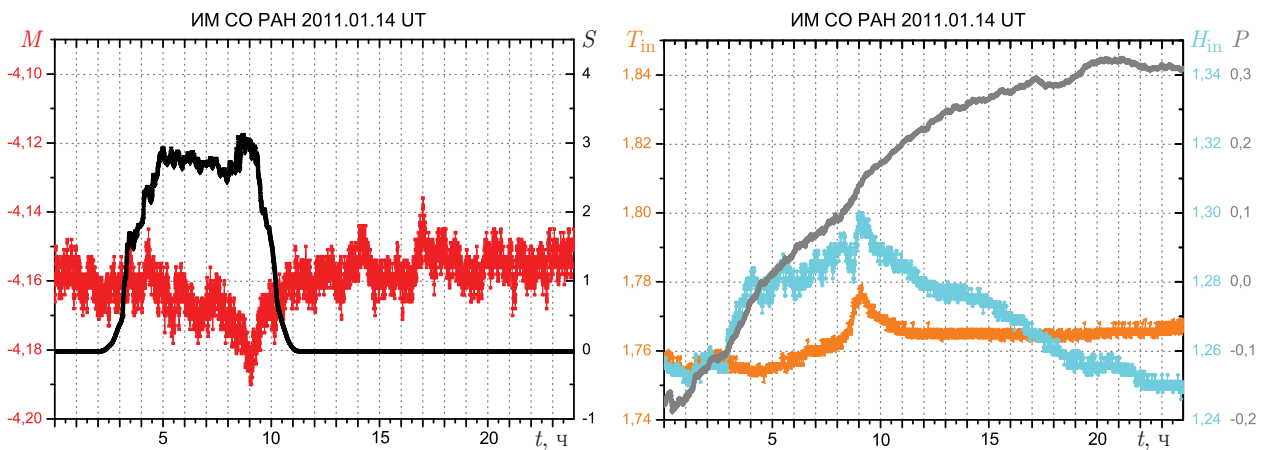


Рис. 7. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

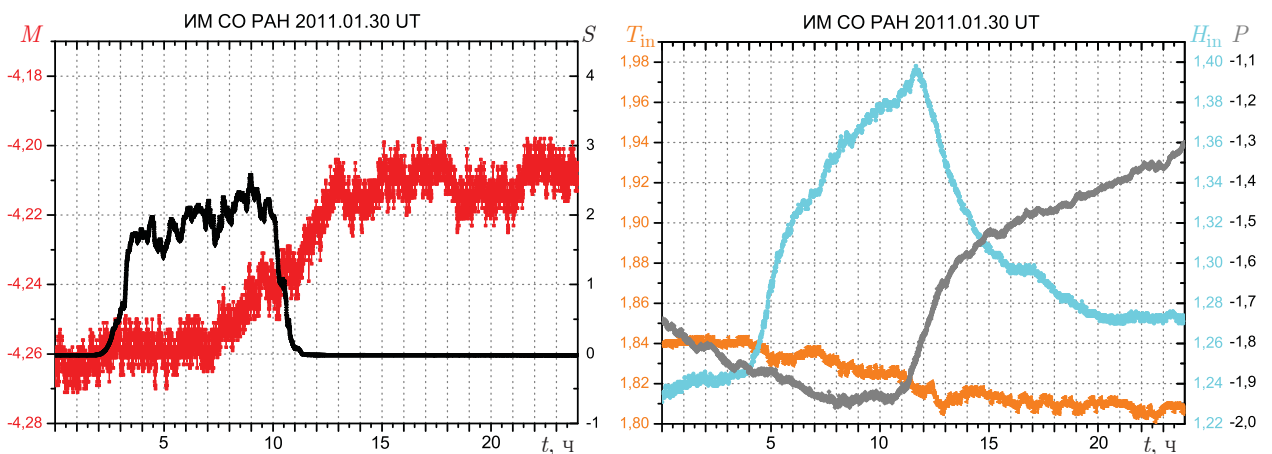


Рис. 8. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

было зафиксировано прекращение уменьшения величины M , когда Солнце было экранировано Луной более чем на 50% (см. рис. 9). В течение получаса величина M оставалась на одном уровне (полностью солнечный диск был перекрыт менее 3 мин, см. поведение S на рис. 9), затем падение величины M возобновилось с

прежней скоростью. Для сравнения на рис. 9 показана также динамика T_{in} и H_{in} .

Новосибирская точка мониторинга выделяется не только прозрачностью своей атмосферы, но и возможностью наблюдения длительных искусственных затмений Солнца из-за высотных зданий-башен, расположенных в

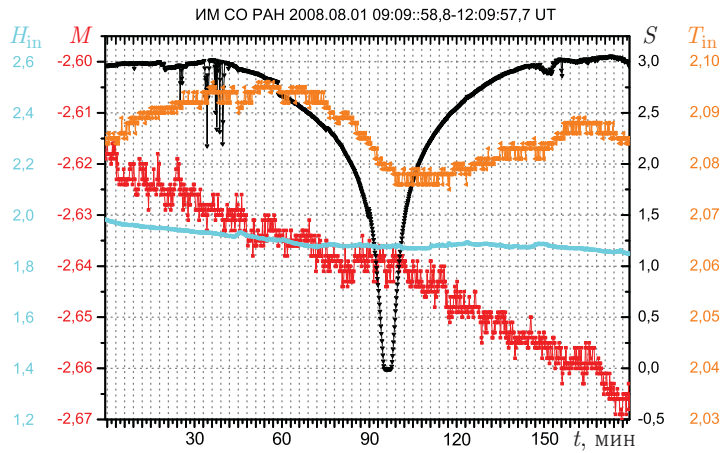


Рис. 9. Минутная динамика M , T_{in} , H_{in} и S в течение 3 ч, включающих явление полного затмения Солнца

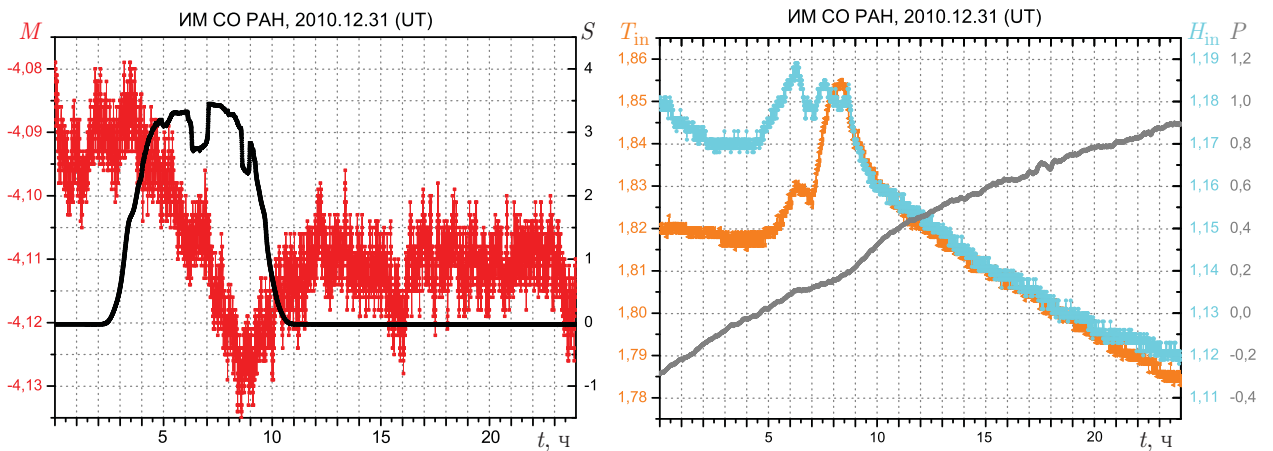


Рис. 10. Суточная динамика M и S (слева), T_{in} , H_{in} и P (справа)

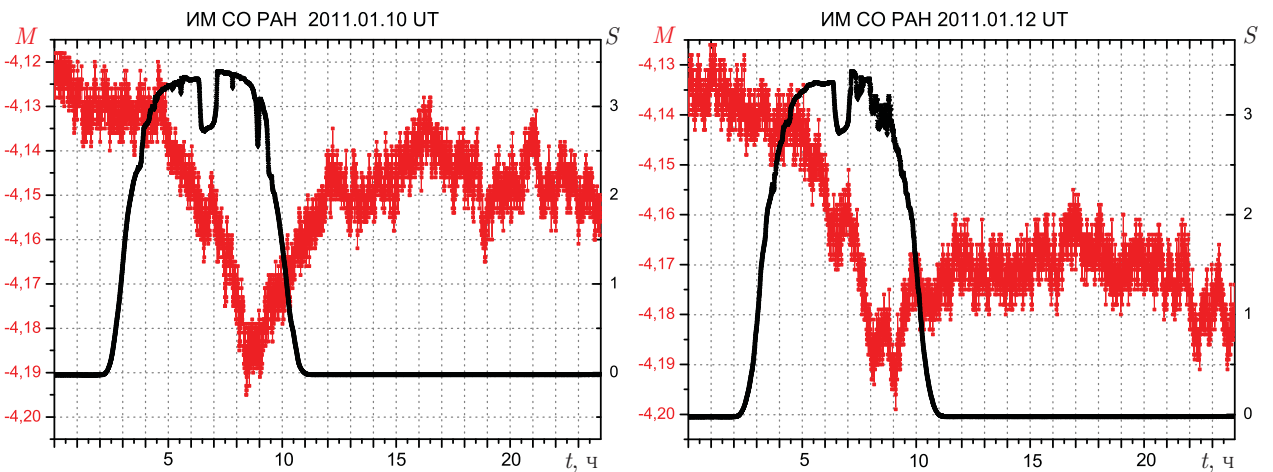


Рис. 11. Суточная динамика M и S

окрестности мониторинга. Благодаря этим зданиям, когда Солнце не поднимается высоко над горизонтом, происходят искусственные затмения. На рис. 10–12 можно видеть, как происходящее уменьшение массы сменяется увеличением, как только солнечный диск пере-

крывается зданием-башней (заметим, что поскольку S — это интегральная освещенность земной поверхности, при таком «полном затмении» $S \neq 0$). На рис. 10 для сравнения показана динамика T_{in} , H_{in} и P , а на рис. 12 ди-

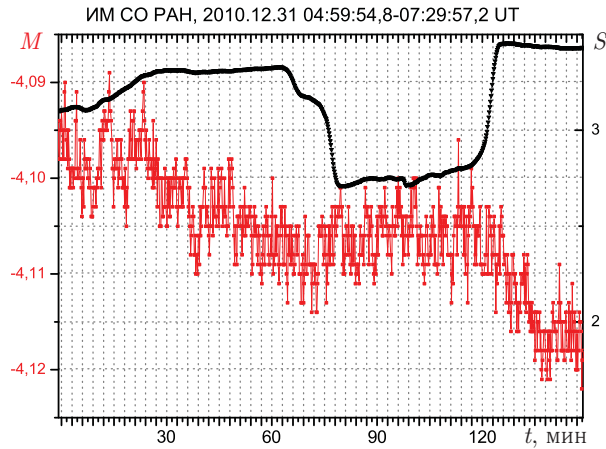


Рис. 12. Минутная динамика M и S в течение 2,5 ч, включающих искусственное затмение Солнца

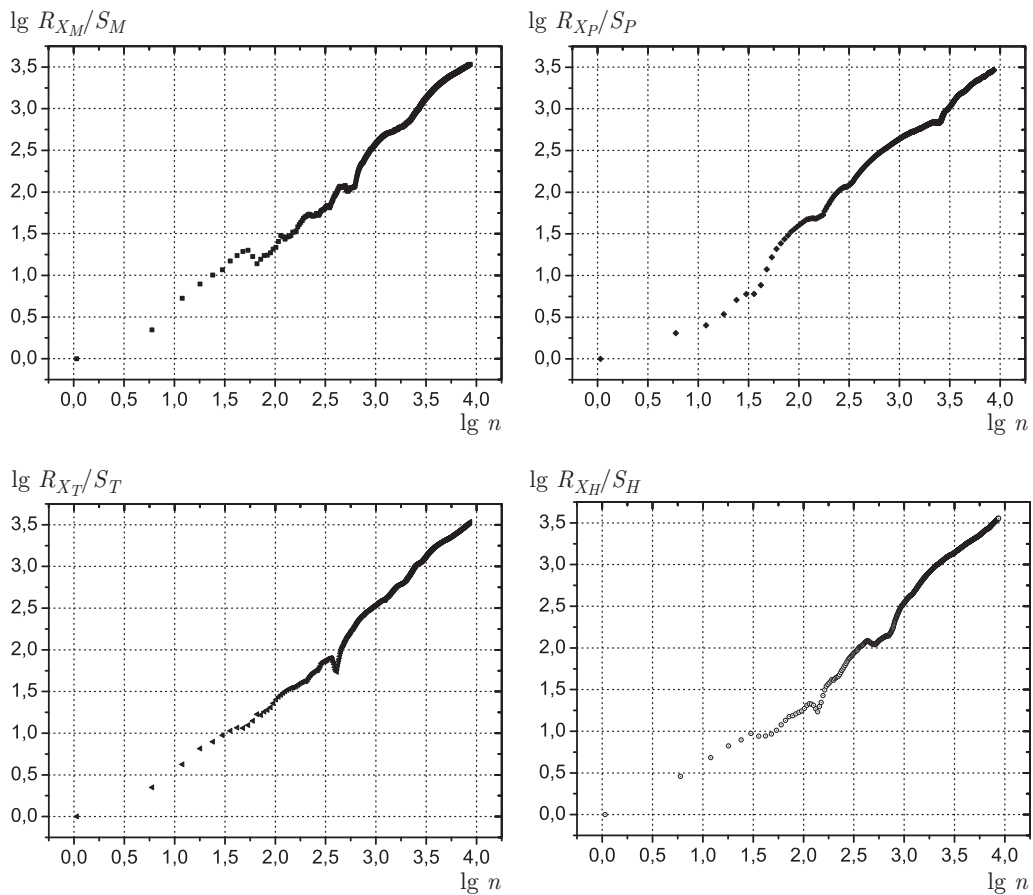


Рис. 13. Портреты временных структур массы M , атмосферного давления P , температуры T и относительной влажности H в помещении, где расположена информационно-измерительная система мониторинга

динамика M во время искусственного затмения показана в минутном диапазоне.

Динамика характеристик условий измерения (H_{in} , T_{in} и P), приведенная на рис. 1–4, показывает, что обсуждаемое уменьшение величины M не вызвано изменениями условий в помещении мониторинга. Так, относительная влажность в помещении наоборот увеличивается, а атмосферное давление и падает

(рис. 1, 2), и сохраняется (рис. 3), и поднимается (рис. 4). Связывать уменьшение массы с поведением температуры в помещении мы также не можем: детали динамики величин M и T_{in} не совпадают, особенно четко это показывает минутная динамика данных величин, представленная на рис. 9. Наконец, не являются причиной уменьшения величины M и аэро-статические силы. Дело в том, что плотность

влажного воздуха ρ_H (г/см³) при температуре T_{in} (°C), атмосферном давлении P (мм рт. ст.) и относительной влажности H_{in} (%) определяется по формулам [9, гл. 4, § 15]

$$\rho_H = \rho \cdot \lambda,$$

$$\rho = \frac{0,0012932}{1 + 0,00367 \cdot T_{in}} \cdot \frac{P}{760},$$

$$\lambda = 1 - 0,378 \frac{H_{in} P_s}{P},$$

где ρ — плотность сухого воздуха, P_s — давление насыщенного пара при температуре T_{in} . Поскольку $0 \leq H_{in} \leq 1$ и при $0 \leq T_{in} \leq 50^\circ\text{C}$ величина $P_s/P < 1$, $0 < \lambda \leq 1$. В рассматриваемых случаях (рис. 1–3) величина H_{in} и T_{in} растет, при этом уменьшается λ и уменьшается ρ , если $P \approx \text{const}$ (рис. 3) или падает (рис. 1, 2). Получается, что ρ_H также уменьшается, чему соответствует уменьшение выталки-

вающей силы, и масса объекта должна увеличиваться (его объем больше объема гирь). Так что аэростатические силы в данных условиях наоборот противодействуют наблюдаемому эффекту уменьшения массы, а не создают его. Обособленность суточной временной структуры массы и суточных временных структур характеристик условий измерения подтверждают и их портреты (рис. 13), созданные с помощью нормированного размаха Херста R_{X_A}/S_A для физической величины A (см. приложение, где раскрыт физический смысл отношения R_{X_A}/S_A); на рис. 13 $n = T/\tau$ — отношение всего периода наблюдений T к минимальному в этих наблюдениях временному масштабу τ .

Таким образом, мы можем сделать вывод, что рассмотренное уменьшение массы открытой геологической системы непосредственно связано с самим Солнцем.

2. ТРАЕКТОРИЯ МАССЫ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ЕЕ СВОЙСТВА

Выявление фактора Солнца в суточной динамике величины M позволяет предложить интерпретацию ее годовой динамики, которая наблюдалась в 1994–1995 гг. [6]. Тогда было зафиксировано падение величины M в период между осенним равноденствием и зимним солнцестоянием (перигелий), затем выход ее на приблизительно постоянный уровень, или падение весьма существенно замедляется до весеннего равноденствия, а после весеннего равноденствия начинается увеличение (восстановление) и продолжается до летнего солнцестояния (афелий). На рис. 14 изображена годовая динамика массы двух геоло-

гических систем: 1) сливного (очень плотного) кремнистого аргиллита ($M_1 = 9$ г), слоистого, с тончайшими прослойками кремнистого алевролита (песчаник с зернами размером менее 0,01 см) и 2) минерального агрегата ($M_2 = 82$ г), представляющего собой сочетание пирротина (преобладает), халькопирита (~ 15–20%) и черных глинистых сланцев — тонкой смеси органического вещества, глины, кремнезема (~ 5%). Такое календарное падение массы может быть объяснено активным действием солнечного фактора в определенный период года, когда величина M не успевает восстановиться после захода Солнца (т. е. этот

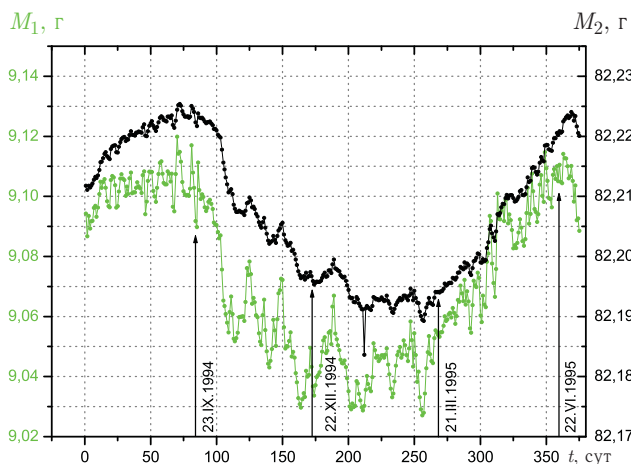


Рис. 14. Календарная динамика величины M двух геологических систем (их описание см. в тексте) в 1994–1995 гг. Погрешность измерений $\pm 0,0002$ г

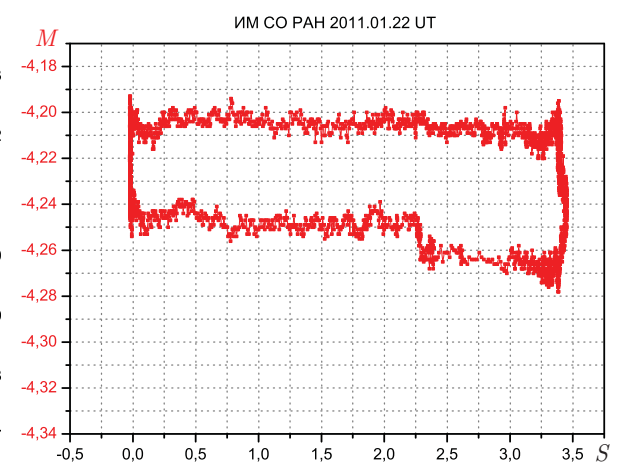


Рис. 15. Суточная траектория массы в фазовом пространстве

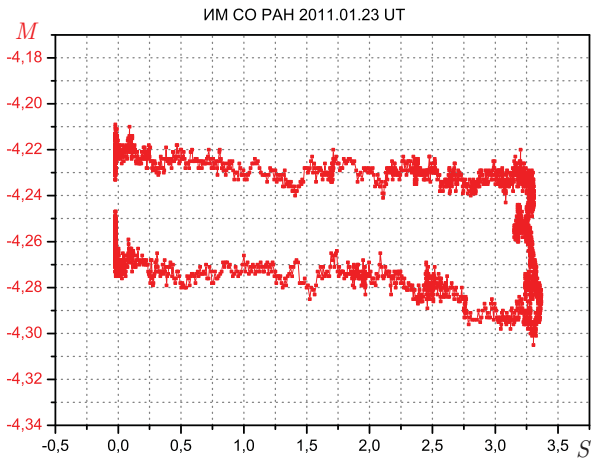


Рис. 16. Суточная траектория массы в фазовом пространстве

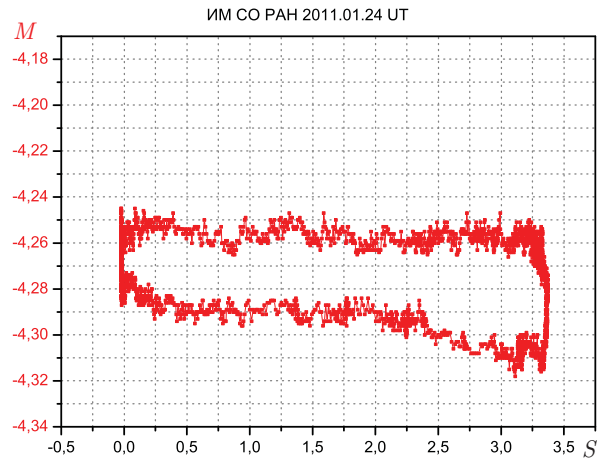


Рис. 17. Суточная траектория массы в фазовом пространстве

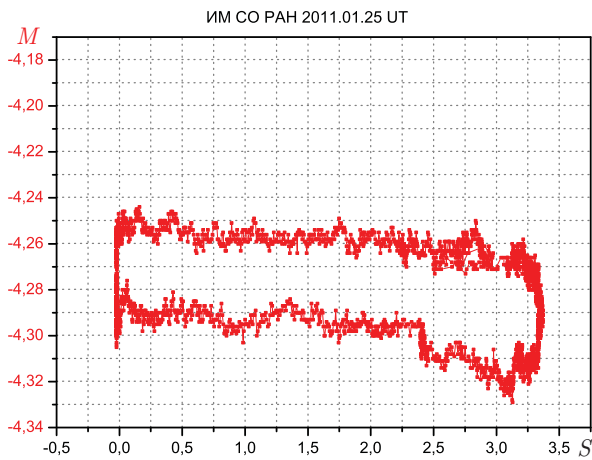


Рис. 18. Суточная траектория массы в фазовом пространстве

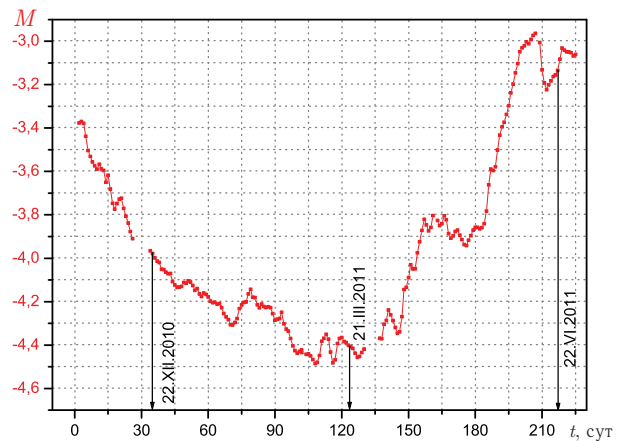


Рис. 19. Среднесуточные значения величины M в период 19.11.2010–30.06.2011

фактор тогда доминирует среди других геофизических и космических факторов).

Действительно, рассмотрим суточную траекторию M в фазовом пространстве $\{S, M\}$, когда в описании динамики состояния открытой геологической системы учитывается только фактор Солнца. Она изображена на рис. 15–18, которые получены по данным, представленным на рис. 1–4. Как видим, суточная траектория почти замкнута (рис. 15, 17) и не замкнута (рис. 16, 18), и незамкнутость не определяется величиной произошедшего падения массы. Последнее обстоятельство согласовывается с реакцией массы геологической системы на соответствующую экспозицию в солнечном телескопе при различной солнечной активности, а именно: продолжительность «запоминания» воздействия коррелирует с величиной солнечной активности. Таким образом, в конце года и начале следующего суточная траектория постепенно опускается в плоскости $\{S, M\}$, а после дня весеннего равноденствия она посте-

пенно поднимается — изменяется состояние атмосферы и доминируют другие факторы (см. динамику среднесуточных значений M , изображенную на рис. 19, как видим, она подобна поведению M_2 на рис. 14).

Пусть динамика величины M описывается временным рядом

$$M(t_1), M(t_2), \dots, M(t_i), \dots, M(t_N), \quad (1)$$

где моменты времени $t_i = i\tau$, $i = 1, 2, 3, \dots, N$. Для исследования временной последовательности (1) на наличие в ней функциональной зависимости воспользуемся представлениями, которые используются в работах по пространственно-временному хаосу [10]. Для этого введем следующие математические объекты и их обозначения.

Перепишем последовательность (1) в виде $M_1, M_2, \dots, M_i, \dots, M_N$, выберем в ней произвольный член, M_n , и сформируем вектор $w^{(n)} = \{M_{n-k+1}, M_{n-k+2}, \dots, M_{n-1}, M_n\}$, принадлежащий k -мерному пространству. Обозна-

чим расстояние между двумя такими векторами, $w^{(n)}$ и $w^{(n_0)}$, через

$$\rho_k(n, n_0) = |w^{(n)} - w^{(n_0)}| = \left[\sum_{i=1}^k (M_{n-k+i} - M_{n_0-k+i})^2 \right]^{1/2}, \quad (2)$$

а абсолютную величину разности M_{n+1} и M_{n_0+1} — через

$$r(n, n_0) = |M_{n+1} - M_{n_0+1}|. \quad (3)$$

Нас интересует, существует ли функциональная зависимость между значением M_{n+1} и предшествующими k значениями $M_n, M_{n-1}, \dots, M_{n-k+1}$. Наличие данной функциональной зависимости предполагает существование некоторой функции f , такой, что

$$M_{n+1} = f(M_{n-k+1}, M_{n-k+2}, \dots, M_{n-1}, M_n) \equiv f(w^n). \quad (4)$$

Поэтому в случае существования функциональной зависимости (4) формула (3) означает, что

$$r(n, n_0) = |f(w^{(n)}) - f(w^{(n_0)})|. \quad (5)$$

Известно, что расстояние (2) стремится к нулю, когда вектор $w^{(n)}$ стремится к вектору $w^{(n_0)}$. При этом, согласно (5), величина $r(n, n_0)$ должна также стремиться к нулю. Однако если функциональная связь (4) отсутствует, вектор $w^{(n)}$ не определяет значение M_{n+1} и, следовательно, величина $r(n, n_0)$ может не стремиться к нулю при стремлении к нулю расстояния $\rho_k(n, n_0)$. Поэтому может быть проведена следующая практическая проверка временной последовательности (1) на наличие функциональной зависимости (4). Для различных n при фиксированном n_0 для определенного k вычисляются ρ_k и r и создается графический образ зависимости $r = r(\rho_k)$: на плоскости $\{\rho_k, r\}$ откладываются точки, соответствующие полученным ρ_k и r , и последовательно соединяются друг с другом ломаной линией. Если при данном k функциональная

связь существует, то в области малых ρ_k все участки ломаной будут находиться вблизи начала координат — при $\rho_k = 0$ будут наблюдаться только нулевые значения r . А если, наоборот, при $\rho_k = 0$ имеются $r \neq 0$, это означает, что связь (4) отсутствует при таком значении k . Минимальное значение k , при котором существует функциональная связь (4), называют размерностью вложения [10].

Мы будем интересоваться закономерностями в минутной суточной динамике величины M , поэтому далее $\tau = 1$ мин, $N = 1440$. Чтобы иметь возможность создать графический образ $r = r(\rho_k)$ для достаточно большого числа случаев (порядка 15000, см. [11]), предварительно проводится нормировка суточных данных по первому значению, M_1 , т.е. рассматривается последовательность значений $0, M_2 - M_1, M_3 - M_1, \dots, M_i - M_1, \dots, M_n - M_1$. Тем самым элиминируется суточное «запоминание» реакции на солнечный фактор (опускание фазовой траектории).

На рис. 20 изображен графический образ зависимости $r = r(\rho_k)$ при различных k . Как видим, при $k < 4$ функциональная зависимость (4) отсутствует: при $\rho_k = 0$ имеются значения $r \neq 0$. Минимальное k , при котором значению $\rho_k = 0$ соответствуют только $r = 0$, равно четырем. Чтобы убедиться в этом, было просчитано более 15000 значений r . Таким образом, размерность вложения равна четырем, т.е. имеет место функциональная зависимость

$$M_{n+1} = f(M_{n-3}, M_{n-2}, M_{n-1}, M_n). \quad (6)$$

В заключение заметим, что размерность вложения, равная четырем, в данном случае относится к временному интервалу, равному 4 мин. Так что наличие функциональной зависимости (6) согласуется с одним фактом, замеченным в экспериментах с биологическими системами, а именно: необходимая минимальная экспозиция под исследуемым дистанционным воздействием процессов на Солнце [12, с. 179–184] или лабораторного процесса [13] должна быть порядка 3 мин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, контроль массы открытой геологической системы в новосибирской точке мониторинга *Дубна–Научный–Новосибирск* зафиксировал эффект уменьшения величины M (его относительная величина $\approx 3 \cdot 10^{-5}$), который связан с Солнцем. Поэтому можно высказать следующие предположения.

1. Некоторые наблюдающиеся в гравитационных экспериментах «необъяснимые систематические эффекты», о которых шла речь во введении, могут быть обусловлены фактором Солнца.

2. При изучении явлений и процессов в открытых сложных системах (физических, химических, биологических и др.) целесооб-

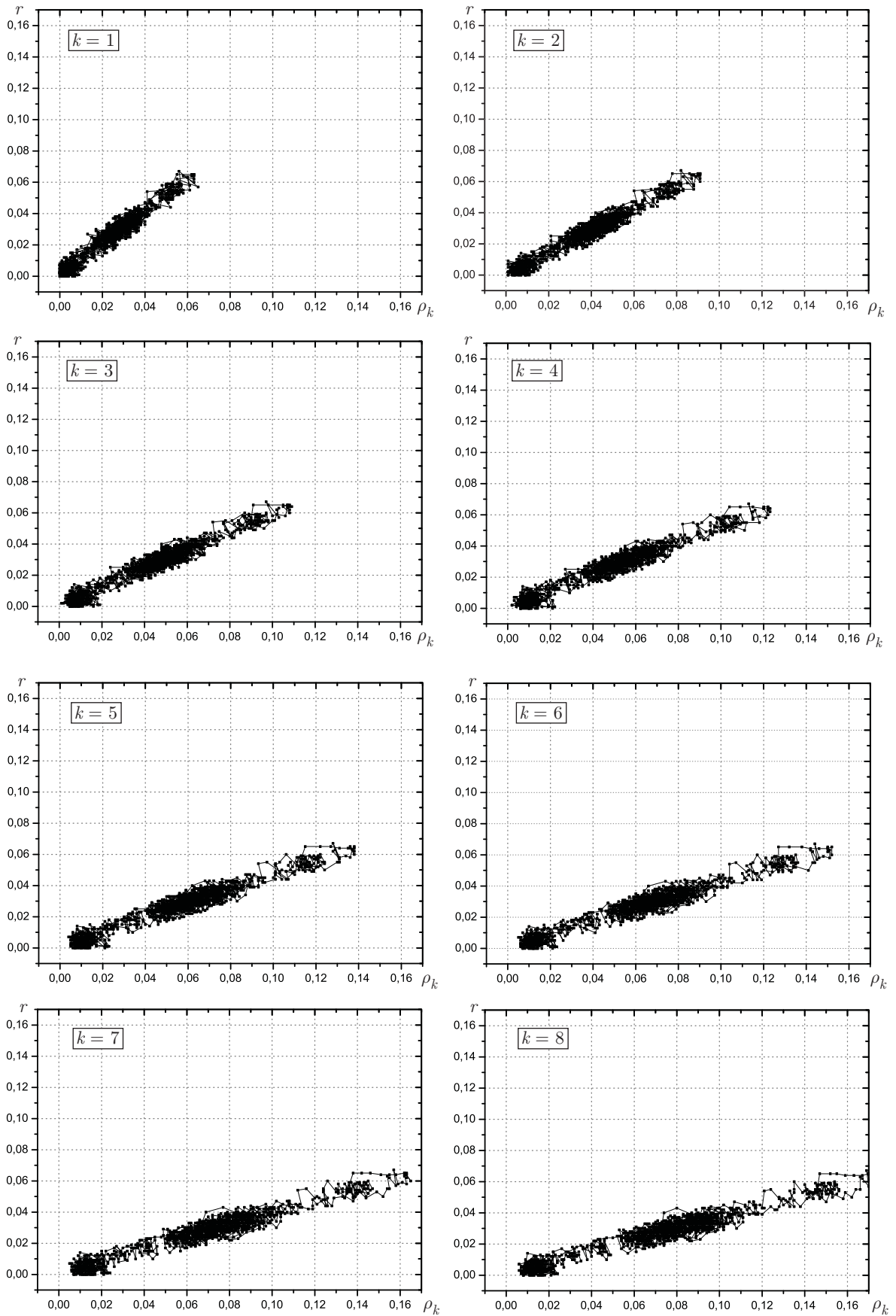


Рис. 20. Графический образ зависимости $r = r(\rho_k)$ для $k = 1, 2, \dots, 8$

разно синхронно контролировать массу соответствующих минералов (минеральных агрегатов). В частности, это позволит получить инструмент для исследования известного от-

сутствия воспроизводимости в определенных экспериментах (особенно в биологии и медицине).

Приложение ПОРТРЕТ ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОРМИРОВАННОГО РАЗМАХА ХЕРСТА

Для компактного и информационно насыщенного представления временной структуры физической величины A в задачах мониторинга *Дубна-Научный-Новосибирск* оказалось эффективным использование нормированного размаха Херста R_{X_A}/S_A (см. [4]), в котором

$$R_{X_A} \equiv R_{X_A}(n\tau) = |\max\{X_A(t), t = \tau, 2\tau, \dots, n\tau\} - \min\{X_A(t), t = \tau, 2\tau, \dots, n\tau\}|$$

представляет собой размах функции

$$X_A(t) = \sum_{u=\tau}^t [A(u) - \bar{A}], \quad \bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{t=\tau}^{n\tau} A(t),$$

введенной Херстом (в дальнейшем будем называть ее функцией Херста), а S_A — стандартное отклонение величины A :

$$S_A \equiv S_A(n\tau) = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{t=\tau}^{n\tau} [A(t) - \bar{A}]^2 \right\}^{1/2}. \quad (7)$$

В сообщении [4] обсуждалась природа эмпирического закона Херста и обращалось внимание на физический смысл функции Херста — она описывает временную структуру величины A , фиксируя от одной временной точки к следующей отклонение текущего значения A от среднего \bar{A} . Размах соседних значений функции Херста, i -го и $(i+1)$ -го,

$$R_{X_A}(\tau; i) = |X_A(i\tau) - X_A((i+1)\tau)| = a((i+1)\tau), \quad i = 1, 2, \dots, n-1,$$

где $a(i\tau)$ — i -е абсолютное отклонение величины A , т. е.

$$a(i\tau) = |A(i\tau) - \bar{A}|, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

Соответственно, средний размах

$$\overline{R_{X_A}(\tau)} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} a(i\tau) = \bar{a}.$$

Рассмотрим отношение $\overline{R_{X_A}(\tau)}/S_A$. Согласно (7) и (8) $S_A^2 = \bar{a}^2 = \mathbf{D}a + \bar{a}^2$, где $\mathbf{D}a$ —

дисперсия величины a . Поэтому отношение

$$\frac{\overline{R_{X_A}(\tau)}}{S_A} = \frac{\bar{a}}{\sqrt{\mathbf{D}a + \bar{a}^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + K^2}} < 1, \\ K = \frac{\sqrt{\mathbf{D}a}}{\bar{a}},$$

где K — коэффициент вариации абсолютного отклонения a .

Теперь, если мы представим R_{X_A}/S_A как произведение двух факторов, т. е.

$$\frac{R_{X_A}}{S_A} = \frac{R_{X_A}}{\overline{R_{X_A}(\tau)}} \frac{\overline{R_{X_A}(\tau)}}{S_A},$$

то получим следующее выражение для нормированного размаха Херста:

$$\frac{R_{X_A}(n\tau)}{S_A(n\tau)} = \frac{R_{X_A}(n\tau)}{\overline{R_{X_A}(\tau)}} \cdot F, \quad F = \frac{1}{\sqrt{1 + K^2}}, \quad (9)$$

где фактор F представляет собой весьма ограниченную величину. Следовательно, известное наблюдающееся степенное поведение нормированного размаха Херста для характеристик природных явлений и процессов (эмпирический закон Херста) [14]

$$\frac{R_{X_A}(n\tau)}{S_A(n\tau)} \sim n^H, \quad \text{где } H \text{ — показатель Херста,} \quad (10)$$

может обеспечивать только первый сомножитель в (9), который представляет собой отношение размахов функции Херста на временных интервалах $T = n\tau$ и τ , т. е. когда

$$\frac{\overline{R_{X_A}(n\tau)}}{\overline{R_{X_A}(\tau)}} \sim n^H. \quad (11)$$

Чтобы выяснить физический смысл показателя Херста, запишем (10) следующим образом:

$$\frac{R_{X_A}(T)}{S_A(T)} \sim \left(\frac{T}{\tau}\right)^H, \quad (12)$$

так как в (10) слева фигурирует безразмерная величина, а справа в n неявно присутствует размерность времени: n — это число лет, охваченных наблюдениями. Тогда можно видеть, что справа в законе (10) фигурирует отношение временных размеров T и τ : первый

представляет собой интервал времени, охваченный наблюдениями величины A , второй — минимальный временной масштаб, используемый в этих наблюдениях, ему должен соответствовать определенный размер элемента временной структуры A . Определим его. Для этого рассмотрим средний квадрат отклонения текущего значения A от некоторого значения A' из области значений A :

$$\overline{(A - A')^2} = \overline{A^2} - 2\overline{AA'} + \overline{A'^2} = S_A^2 + (A' - \overline{A})^2.$$

Видим, что в том случае, когда $A' = \overline{A}$, отклонение $\sqrt{\overline{(A - A')^2}}$ будет минимальным и равным S_A . Так что в роли минимального масштаба структуры A выступает S_A , другими словами, S_A — *размер элемента* этой структуры. Теперь выясним смысл отношения характеристик временной структуры A , стоящего в левой части (10). Так как максимум функции Херста представляет собой максимальное суммарное отклонение A от \overline{A} , а минимум — минимальное, их разность, т.е. размах R_{X_A} , представляет собой *линейный размер* временной структуры A , которую охватывают n измерений в течение периода T . Следовательно, отношение R_{X_A}/S_A представляет собой *число элементов* размером S_A в этой структуре.

Таким образом, соотношение (12) может рассматриваться как аналог известного в теории фракталов соотношения

$$m = \left(\frac{L}{l}\right)^D$$

для пространственной структуры размером (длиной) L с элементами размером l , где m — число элементов, а D — фрактальная размерность этой, пространственной, структуры. Примером такой структуры является извест-

ный фрактал — триадная кривая Коха [14] ($D = \ln 4 / \ln 3$).

Другими словами, показатель Херста, аналогичный фрактальной размерности D линейной пространственной структуры, может интерпретироваться как фрактальная размерность временной структуры, которую описывает функция Херста. Такое заключение согласуется с видом первого сомножителя в (9), см. (11), — он свидетельствует о фрактальности поведения функции X_A (см. [4, с. 20]).

Располагая формулой (9), можно сделать следующие выводы. Закон (10) может иметь место, если $K^2 \ll 1$, т.е. при малых вариациях абсолютного отклонения, или при постоянном коэффициенте вариации K . Подчеркнем, что, поскольку значение коэффициента вариации абсолютного отклонения a наблюдающейся физической величины A определяется соответствующими физическими условиями, постоянство K , фиксирующее (при логарифмическом масштабе на координатных осях R_{X_A}/S_A и n) прямую, может свидетельствовать об определенном постоянстве этих условий.

Таким образом, поведение нормированного размаха Херста как функции $n = T/\tau$ в целом представляет собой портрет фрактальной временной структуры и может быть использовано при сопоставлении временных структур. На рис. 13 приведены такие портреты, описывающие суточную динамику ряда физических характеристик, контролируемых в мониторинге (2010.12.21 УТ, Новосибирск). Как видим, эти портреты позволяют фиксировать, во-первых, наличие изменяющихся внешних факторов (отклонение поведения M от соотношения (10)), а во-вторых, отсутствие причинной взаимосвязи изменения M и изменения отдельных физических характеристик условий измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Окунь Л.Б.* Понятие массы (Масса, энергия, относительность) // УФН. 1989. Т. 158, вып. 3. С. 511–530.
2. *Cook A.* Experiments on gravitation // Three hundred years of gravitation / Eds.: S. Hawking, W. Isaacs. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987. P. 51–79.
3. *Cook A.* Experiments on gravitation // Rep. Prog. Phys. 1988. V. 51. P. 707–757.
4. *Еганова И.А., Самойлов В.Н., Каллис В., Струминский В.И., Ханейчук В.И., Бабин А.Н.* Геофизический мониторинг Дубна–Наушный–Новосибирск: природа явления Херста и затмение Солнца 1 августа 2008 г. Сообщение ОИЯИ Р18-2009-75. Дубна, 2009. 49 с.
5. *Еганова И.А., Клещев А.Г., Струминский В.И.* К проблеме геофизического мониторинга: масса кристаллов и минеральных агрегатов // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. Вып. 5. С. 106–123.
6. *Еганова И.А., Самойлов В.Н., Струминский В.И., Каллис В.* Масса (вес) как объект долговременных наблюдений в гравитационном поле // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-математ. науки. 2010. Т. 152, кн. 1. С. 10–15.

- тационных исследованиях. Часть 1. Проблемы теории гравитации и динамика массы // Поиск математических закономерностей Мироздания: физические идеи, подходы, концепции. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. Вып. 6. С. 165–183.
7. *Eganova I.A.* The World of events reality: instantaneous action as a connection of events through time // *Relativity, Gravitation, Cosmology* / Eds.: V. V. Dvoeglazov, A. A. Espinoza Garrido. N. Y.: Nova Sci. Publ., Inc., 2004. P. 149–162.
 8. *Laurent'ev M.M., Eganova I.A.* Kozyrev's method of astronomical observations: information from true positions of stars, stellar systems, and planets // *Instantaneous Action at a Distance in Modern Physics: «Pro» and «Contra»* / Eds.: A. E. Chubykalo, V. Pope, R. Smirnov-Rueda. N. Y.: Nova Sci. Publ., Inc., 1999. P. 100–115.
 9. *Горлин С.М., Слезингер И.И.* Аэромеханические измерения (методы и приборы). М.: Наука, 1964. 720 с.
 10. *Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.* Введение в синергетику. М.: Наука, ГРФМЛ, 1990. 272 с.
 11. *Malraison B., Atten P., Berge P., Dubois M.* Dimension of strange attractors: an experimental determination for the chaotic regime of two convective systems // *J. Phys.* 1983. V. 44. L-897–L-902.
 12. *Еганова И.А.* Природа пространства-времени. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2005. 271 с.
 13. *Данчаков В.М., Еганова И.А.* Микрополевые эксперименты в исследовании воздействия физического необратимого процесса. Новосибирск: ИМ СО АН СССР, Деп. ВИНИТИ № 8592-В87, 1987. 109 с.
 14. *Федер Е.* Фракталы. М.: Мир, 1991. 260 с.

Получено 14 сентября 2011 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 27.09.2011.
Формат 60 × 84/8. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,1. Тираж 135. Заказ № 57444.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6
E-mail: publish@jinr.ru
www.jinr.ru/publish/