

ВЛИЯНИЕ СЕКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ МЕЖПЛАНЕТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ

© 1998 г. Б.М. Владимирский, А.В. Брунс

Крымская астрофизическая обсерватория, 334413, п/о Научный, Украина

Поступила в редакцию 12.03.97 г.

Результаты непрерывных измерений гравитационной постоянной на установке О.В. Карагоза – В. П. Измайлова (1991 г.) сопоставлены с данными о секторной структуре межпланетного магнитного поля. Найдено, что величина измеренной постоянной систематически выше в дни отрицательной полярности межпланетного магнитного поля. Аналогичный эффект был ранее обнаружен для F-теста Пиккарди и известен для ряда биологических показателей. Сопоставление и анализ различных данных приводит к заключению, что агент, непосредственно влияющий на прибор, – это изменения спектра электромагнитного фона на частотах ниже 10 кГц. Это влияние модулирует упругие параметры нити подвеса крутильного маятника вследствие эффекта магнитопластичности.

Ключевые слова: секторная структура, межпланетное магнитное поле, гравитационная постоянная, вариации электромагнитного фона.

При исследовании влияния вариаций гелиогеофизических параметров на результаты измерений с крутильным маятником [1, 2] возникают непростые вопросы. Наиболее важный из них касается физической природы действующего агента. При этом существенно, что различные гелиогеофизические процессы по-разному влияют на поведение маятника: в интервалы времени с низкой магнитной активностью возрастает вероятность получения эффектов одного знака, во время развития внезапных ионосферных возмущений – другого знака [2]. Исчерпывающий анализ подобных феноменологических закономерностей предполагает наличие однотипной информации об эффектах воздействия других гелиогеофизических вариаций. Здесь в первую очередь обращает на себя внимание возможное влияние секторов межпланетного магнитного поля (ММП). Прохождение близ Земли границ секторов ММП сопровождается, как известно, целым комплексом изменений в среде обитания. Многие из них в общих чертах изучены. Оказывает ли воздействие на крутильный маятник смена секторов ММП? Если оказывает, то какие дополнительные ограничения возникают в этой связи на гипотезы о природе действующего фактора? Ниже излагаются данные,

позволяющие отчасти ответить на заданные вопросы.

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ, ОБРАБОТКА И ПРОЦЕДУРА СОПОСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ

Первичным материалом для анализа послужили измерения гравитационной постоянной на установке с крутильным маятником [3] (установка описана в [4]). Измерения делали почти непрерывно на протяжении 1991 г. В первую половину года измерения проводили в режиме, когда положение эталонных масс изменялось в пределах цикла измерений (чаще всего проводили один цикл измерений в сутки, далее – массив измерений I). С конца августа 1991 г. накапливались данные другого массива измерений (массив II), в котором положение эталонной массы не изменялось. Эти данные получались при большем расстоянии между взаимодействующими массами. Поэтому для массива II разброс результатов измерений значительно больше, чем для массива I.

Из каталога полярностей ММП [5] отбирались границы секторов, для которых знак ММП был стабильным на протяжении по крайней мере трех суток по обе стороны границы. Границей считался последний знак данной полярности (это условное правило оставалось в силе и в случае, когда на границе наблюдалась сме-

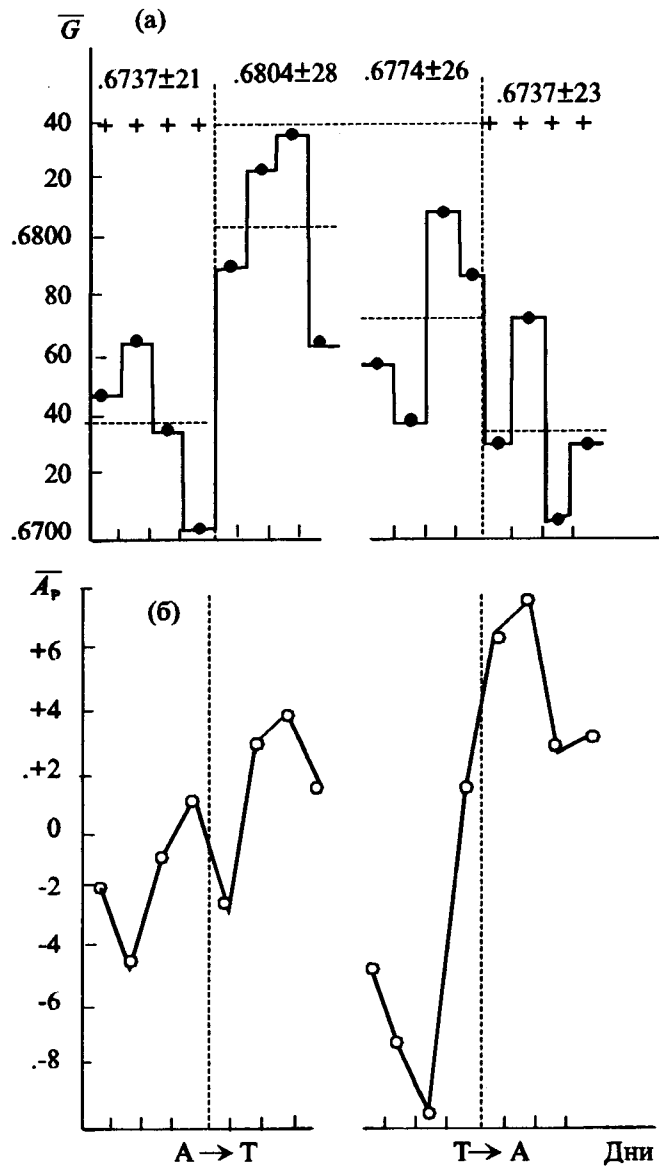


Рис. 1. Изменение измеренных значений константы (G) в дни, когда знак радиальной компоненты ММП был положителен (A) или отрицателен (T). Рассмотрены оба вида границ (A→T, T→A). Наложение эпох (a). Типичная картина изменения близ границ для геомагнитного индекса A_p (б).

шанная полярность любой последовательности знаков). Определенная таким образом граница считалась репером в известной процедуре наложения эпох (синхронное детектирование). Переходы ($+ \rightarrow -$) и ($- \rightarrow +$) рассматривались отдельно. Для того чтобы убедиться, что выбранные из работы [5] границы секторов ММП являются типичными событиями, наряду с данными гравитационных измерений одновременно анализировались данные по магнитной активности (индекс A_p) и изменениям интенсивности галактических космических лучей (сред-

неширотная станция Киль, нейтронный монитор; все данные взяты из Solar-geophysical Data).

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Подробный график наложения эпох вариаций результатов измерений показан на рис.1a (массив I). Хорошо видно, что измеренные значения G (по вертикальной оси, и ед. СИ, целое число опущено) чувствительны к знаку ММП: в T-дни (отрицательная полярность) результат систематически выше, чем в дни A (плюс) для обоих типов переходов A→T, T→A. На рисунке представлены соответствующие значения сред-

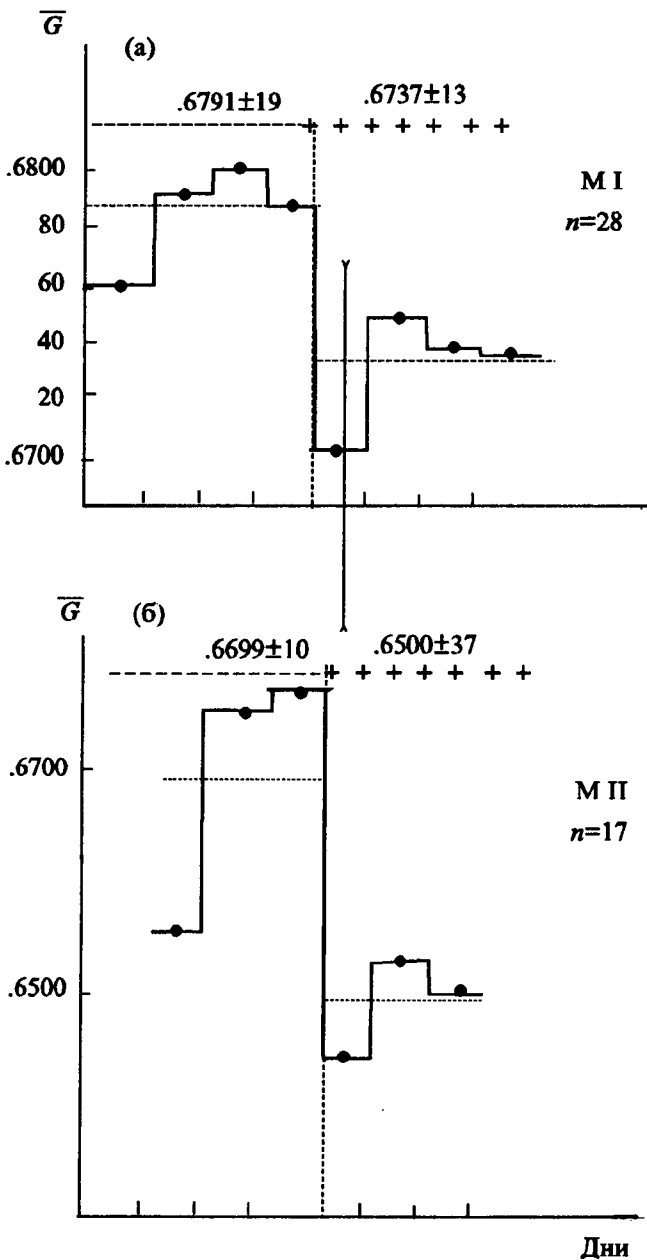


Рис. 2. Средний профиль изменений G для всех рассматриваемых границ (суммирование после "поворота" графика слева рис.1а относительно линии раздела полярности) (а). Аналогичная "свертка" всех границ для массива II (б). М – массив.

них, ошибки – среднеквадратичные отклонения двух последних значащих цифр (эти средние нанесены пунктиром). На рис.1б для тех же дат показаны изменения магнитной активности (A_p , по вертикальной оси), воспроизводящие хорошо известный ход изменения индекса в окрестностях секторной границы. Из этого графика следует, что секторы ММП, вошедшие в обработку, являются репрезентативными для

данных такого рода (вариации галактических космических лучей для тех же дат свидетельствуют о том же). На рис.2а показана свертка данных для обеих границ – график слева рис.1а повернут относительно оси нулевого дня и сложен с правым. Средние для дней отрицательной (Т) – полярности примерно на 1% выше дней положительной полярности $G_T - G_A = 1,008 + 0,005$.

Если применить непараметрический критерий Стьюдента (критерий Манна-Уитни), то различие средних значимо на уровне $P(U^*) = 1,7 \cdot 10^{-3}$. Важно, что в точности такой же результат получается для массива II (рис.2б). Обработка выполнена тем же способом, что и для массива I, трехсуточный интервал для сектора данного знака выбран из-за недостаточного покрытия конечных (± 4 -го) дней измерениями. Хотя кривые очень похожи, следует подчеркнуть, что они получены в независимых измерениях и в разное время. В данном случае $G_T - G_A = 1,030 - 0,015$. Различие средних значимо на уровне $P(U^*) = 5 \cdot 10^{-2}$. Таким образом, весьма вероятно, что результаты измерения гравитационной постоянной чувствительны к знаку ММП.

СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ ВИДАМИ ИЗМЕРЕНИЙ. ОБСУЖДЕНИЕ

Следует подчеркнуть, что рассматриваемые явления носят чисто метрологический характер и не относятся к изменению собственно константы. Это следует, в частности, из сопоставления долговременных эффектов. Согласно [6] с увеличением уровня солнечной активности измеренное значение константы "уменьшается". Однако гравиметрические измерения указывают, напротив, на возрастание ускорения силы тяжести, приведенного к одному пункту [7], что, казалось бы, следует истолковать как изменения постоянной противоположного знака. На рис.3 показано рассеяние точек в координатах "ускорение силы тяжести – числа Вольфа" на абсолютном гравиметре станции Мизузава [8], иллюстрирующее эту связь (1981–1985 гг., каждая точка – среднее серии измерений длительностью в несколько часов). "Прямой" гравитационный эффект в случае секторных границ мог бы появиться из-за упорядоченности их расположения относительно лунных приливов. В данном случае гравитационный эффект в точном смысле слова определенно исключается, так как для дней, использованных на рис.2, не обнаруживается различий в средних

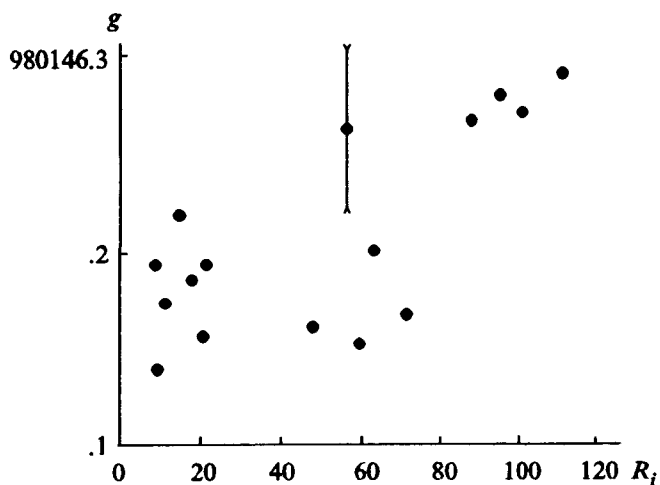


Рис. 3. Ускорение силы тяжести g на абсолютном гравиметре станции Mizusava (Япония, 1981–85 гг., данные опубликованы в работе [8]) возрастает с усилением солнечной активности. По оси абсцисс – числа Вольфа R_s .

лунных фазах P для Т и А дней: $P_T - P_A = 0,07 \pm 0,20$.

При смене знака ММП в среде обитания изменяется одновременно несколько параметров. Поэтому для поиска конкретного явления, ответственного за рассматриваемое различие, требуется дополнительный анализ. Прежде всего, необходимо убедиться, что эффект следует отнести именно за счет смены знака. Согласно [1,2] значение константы в этих измерениях уменьшается под влиянием вспышек – внезапных ионосферных возмущений. Активные области, где происходят вспышки, располагаются близ границ секторов, экстраполированных на уровень фотосферы. По этой причине индекс ионосферной возмущенности, обусловленной вспышками, изменяется относительно границ секторов рис.2а регулярным образом. Эффект может быть полностью объяснен, если в А-дни упомянутый индекс значительно выше, чем в дни противоположной полярности (Т-дни). Соответствующая проверка показала, что такая асимметрия действительно имеется, однако различие индекса I составляет всего 1,9–1,5 усл. ед. и, следовательно, вклад этого эффекта пренебрежимо мал. Аналогичная процедура, примененная к A_p -индексу, позволяет утверждать, что эффект (рис.2) не может быть следствием различий А- и Т-дней в магнитной активности.

Рассматриваемый эффект наблюдается также для некоторых других физико-химических

систем (таблица) и во многих биологических процессах (см., например, [13,14]). Сопоставление всех этих данных обнаруживает высокую степень их феноменологической общности. Поэтому вполне правомерно предположение, что во всех этих случаях действует одна и та же причина – один и тот же физический агент.

Чувствительность физико-химических процессов к знаку ММП

Эксперимент или тестовая реакция	Суть процесса или явления	Ссылка. Примечания
Ф-тест Пиккарди	Скорость осаждения оксихлорида висмута в воде выше в дни Т-полярности	[9]. Наблюдения на средних широтах
Модифицированный Ф-тест Пиккарди	То же.	[10]
Вариации амплитуды макрофлуктуаций	Разброс скорости химической реакции (АК* + ДХФИФ**) выше в дни Т-полярности	Асимметрия не наблюдается возле максимумов солнечной активности [11]
Вариации интенсивности агглютинации неживых бактерий	Интенсивность агглютинации выше в дни Т-активности	[10]
Скорость циркуляции воды в "кольцаре Лазарева"	Скорость циркуляции выше в дни Т-полярности	

* АК – аскорбиновая кислота.

** ДХФИФ – 2,6 – дихлорфенолиндофенол.

Смена секторов ММП представляет собой физически понятное магнитосферное явление, связанное с изменениями взаимного расположения векторов геомагнитного поля и ММП (параллельное, антипараллельное). Процессы, сопутствующие упомянутым изменениям, в общих чертах изучены и охватывают циркуляцию атмосферы, изменения параметров ионосферы и озоносферы. Можно методом "перебора" (как это сделано в работе [7]) рассмотреть всевозможные гипотезы о различных геофизических полях, которые в принципе в состоянии повлиять на поведение крутильного маятника: Такая процедура (с учетом данных [1,2]) приводит практически к однозначному результату – на нить маятника влияют изменения электро-

магнитных – акустических геофизических полей низкой – сверхнизкой частоты. Поскольку при смене знака ММП изменяются параметры ионосферы (в частности, критические частоты F_2), спектр электромагнитных полей изменяется в относительно широком диапазоне частот. Отражением этих изменений являются известные вариации параметров геомагнитных микропульсаций и очень низких частот магнитосферных излучений при смене знака ММП, включая широко распространенные осцилляции Pc 3 [15], Pi12 и AA [16,17], а также смену режима возбуждения – ионосферного поглощения эмиссии на частотах 1–10 кГц [18].

Предположение о воздействии спектрально-амплитудных вариаций внешних сверхслабых электромагнитных полей на упругие параметры нити подвеса маятника в настоящее время не представляется спекулятивно-экзотическим в связи с исследованиями так называемой магнитопластичности. Оказывается, в кристаллических телах динамика дислокаций зависит от наложения внешних электромагнитных полей умеренной или слабой напряженности. Эффекты зависят от напряженности поля и частоты. Например, на III Международной конференции “Действие электромагнитных полей на пластичность и прочность материалов” (1994) [19] сообщалось, что для нагруженного нитевидного кристалла кварца (вакуум, плотность тока 10 mA/m^2) на кинетической кривой отчетливо видны микроскопические скачки скручивания (“микроротации”), очень похожие на “дискреты”, получаемые при измерениях константы [1, 2].

Ясно, что предположение о возможности влияния полей сверхслабого диапазона на релаксационную динамику дислокаций требует надлежащей экспериментальной проверки. Если гипотеза о роли внешних электромагнитных полей на кинетику дислокаций получит строгое экспериментальное обоснование, откроется возможность истолкования некоторых других явлений, не получивших пока объяснения, таких как: 1) “спонтанные” стрикционные эффекты, имитирующие гравитационные сигналы в антеннах Вебера; 2) загадочные изменения разностной частоты двух кварцевых генераторов, сопряженных с вариациями гелиогеофизических факторов [20].

Рассмотренные данные позволяют заключить, что измерения гравитационной постоянной зависят от смены полярности ММП. Эффект, вероятно, опосредован электромагнитными полями и связан с магнитопластичностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владимирский Б.М.* // Биофизика. 1995. Т.40. вып.4. С.916–924.
2. *Владимирский Б.М., Брунс А.В.* // Геомагнетизм и аэрномия (в печати).
3. *Карагиоз О.В., Измаилов В.П., Пархомов А.Г.* // Исследование флуктуаций измерений гравитационной постоянной на установке с крутильными весами. ВЕНТ. Препринт №21. М., 1992. С.25.
4. *Карагиоз О.В., Измаилов В.П., Ситин А.А., Луховский Е.А.* // Всемирное тяготение и теории пространства времени. М.: 1987. С. 102.
5. Solar-geophysical Data. № 586.
6. *Брунс А.В., Владимирский Б.М.* // Изв. Крымской астрофиз. обсерватории. 1995. Т.92. С.129.
7. *Simon Z.* // Geodeticky a Kartograficky Obsor. 1992. V.38. P.167.
8. *Suzuki T., Hanada H.* // Publications National Astron. Observatory of Japan. 1993. V.3, № 3. P.275.
9. *Владимирский Б.М.* // Проблемы космической биологии. Л.: Наука, 1989. Т.65. С.210.
10. *Опалинская А.М., Агулова Л.П.* // Влияние естественных и слабых искусственных электромагнитных полей на биологические и физико-химические системы. Томск, 1989. С.128.
11. *Удальцова Н.В., Коломбет В.А., Шноль С.Э.* Возможная космофизическая обусловленность макроскопических флуктуаций в процессах разной природы. Пушино, 1987. 96 с.
12. *Жуирблис В.Е.* Кольцар Лазарева – первая искусственная диссипативная система. ВЕНТ. Препринт № 19. 1993.
13. *Рябых Т.Н., Мансурова Л.Г.* // Биофизика. 1992. Т.37, вып.4. С.716.
14. *Рудаков Я.Я., Мансуров С.М., Мансурова Л.Г. и др.* // Электромагнитные поля в биосфере. 1984. Т.1. С. 150.
15. *Бузевич А.В., Потапов А.С.* // Геомагнетизм и аэрномия. 1993. Т. 33, №3. С. 157.
16. *Седова Ф. И., Сумарук П.В.* // Геофизический сборник АН УССР. 1977. Вып.78. С.98.
17. *Соболев А.В.* // Геомагнетизм и аэрномия. 1994. Т. 34, №2. С. 147.
18. *Федякина Н.И.* Физические процессы в околоземной плазме, Якутск, 1984. С.96.
19. *Ермаков А.П., Дрозжжин А.И.* // Изв. РАН. Сер. физ. 1995. Т.59, № 10. С.97.
20. *Ключек Н.В., Паламарчук Л.Э., Никонова М.В.* // Биофизика. 1995. Т. 40, вып. 4. С. 889–896.

Sector Structure of Interplanetary Magnetic Field Influence upon the Results of the Measurements of Gravitational Constant

B.M. Vladimirkii and A.V. Bruns

Crimean Astrophysical Observatory, Nauchy, 334413 Ukraine

The results of continues measurements of gravitational constant using installations of O.V. Karagios – V.P. Izmailov (1991) are compared with the data about sector structure of interplanetary magnetic field. It was obtained that the value measured is more systematically in the days of negative polarity. The same effect have been revealed also for Test-F of G. Piccardi. It is well known for some biologic indexes. The comparison and the analysis of different data show strongly that the agent influencing upon the installation is amplitude – spectral variations of electromagnetic background fields for the frequencies < 10 kHz. These fields modulate elastic parameters of the torsion pendulum's thread via the effect of magnetoelasticity.

Key words: sector structure, interplanetary magnetic field, gravitational constant, electromagnetic field variations