ОБНАРУЖЕНИЕ СУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЙ ПОКАЗАНИЙ СВЕРХЛЕГКИХ КРУТИЛЬНЫХ ВЕСОВ

Пугач А.Ф.,
Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

Резюме. Впервые проведены длительные однородные наблюдения за поведением сверхлегких крутильных весов (СКВ) с целью изучения колебаний стрелки в течение суток. В процессе непрерывной записи показаний крутильных весов, снабженных автоматической системой регистрации данных, обнаружен суточный цикл переменности сигнала, вызывающего поворот коромысла весов. Особенность сигнала в том, что он четко связан с суточным движением Солнца, но его графическое отображение имеет форму, далекую от синусоиды, и уверенно может быть представлено двумя фазами: активной и пассивной. Активная фаза начинается в момент восхода Солнца и заканчивается с его заходом.

Предварительный анализ наблюдательных данных указывает на то, что суточная переменность показаний крутильных весов не связана с изменениями температуры, давления, условиями освещенности, гравитационным воздействием Солнца, состоянием ионосферы над местом наблюдения, приливным действием Луны и некоторыми другими возможными причинами.

Учет обнаруженного эффекта может оказаться принципиально важным при проведении экспериментов, уточняющих величину гравитационной константы **G**, поскольку не исключено, что влияние обнаруженного сигнала может искажать показания тех приборов, приемной частью которых служат крутильные весы.

Поскольку ранее было отмечено, что такие же по конструкции сверхлегкие СКВ четко реагируют на солнечные и лунные затмения, независимо от того, видны ли эти феномены в месте проведения наблюдений, высказано предположение, что природа имеет отношение к неизученным особенностям солнечной радиации.

ВВЕДЕНИЕ

Крутильные весы применяются в физических исследованиях с 18 века, когда в 1785 году французский физик Ш. Кулон, пользуясь ими, установил названный его именем закон взаимодействия электрических зарядов. С помощью крутильных весов английским физиком Кавендишем в самом конце того же века было определено значение константы всемирного тяготения **G**. Этот исключительно чувствительный прибор эффективно используется и в наше время при изучении т.н. «сверхслабых взаимодействий» в биологии и связанных с нею дисциплинах, а также в физике для уточнения константы **G**, где для повышения точности результатов используются весы со все большими значениями гравирующих масс. Так, в одном недавнем швейцарско-американском эксперименте по уточнению величины **G** подвижная часть весов состояла из цистерны с ртутью массой около 16 тонн (!) [1].

В противоположность существующей тенденции к увеличению габаритов КВ с целью повышения их точности, в нашей работе используются миниатюрные СКВ: масса подвижной части не превышает 0.5 грамма. Краткое описание таких СКВ, использованных во время визуальных и автоматизированных наблюдений, можно найти в работах [2] и [3] соответственно.

Данная работа основана на автоматических измерениях с СКВ, проведенных в разное время, с разными системами регистрации, выполненных в разных местах в условиях различного окружения.

ОПИСАНИЕ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ

В наших экспериментах использовались СКВ, мобильная часть которых по массе не превышает полграмма. Коромысло (или стрелка) весов – это соломинка длиной 110 мм, на одном конце которой (короткое плечо l) подвешен свинцовый груз массой $\boldsymbol{M}$ чуть более 400 мг. На длинном плече $\boldsymbol{L}$, масса которого $\boldsymbol{m}$, укреплен мобильный маркер. При взгляде сверху он проецируется на круговую отсчетную шкалу, прикрепленную к нижней грани корпуса СКВ. Коромысло с противовесом подвешено на нити из кокона тутового шелкопряда, длиной около 130 мм и средним диаметром d около 25 мкм. В этом случае приборная константа кручения Ct, определяемая как

$$Ct \sim (l/d)^2 \approx 200\,000$$

имеет достаточно большое значение. Кроме того, такая конструкция обеспечивает относительно большой коэффициент асимметрии КА,

$$КА = \boldsymbol{L}/\boldsymbol{l}$$

который в нашем случае приближался к значению 25-30.
По условию равенства моментов на коротком и длинном плечах

$$\boldsymbol{m}*\boldsymbol{L} = \boldsymbol{M}*\boldsymbol{l}$$

система не чувствительна к изменению гравитационного потенциала в том смысле, что горизонтальная составляющая силы гравитации может лишь сместить центр масс подвесной части, но не может повернуть стрелку прибора.

Описанная мобильная часть СКВ находится внутри корпуса. Корпус СКВ представляет собой прозрачный параллелепипед размером 24 х 24 х 18 $см^3$, изготовленный из стекла толщиной 2 мм. В центре верхней грани параллелепипеда крепилась нить подвеса (обычно нить кокона тутового шелкопряда или синтетическая фильерная нить), которая несла на себе подвижное коромысло. Для герметизации внутреннего объема корпуса (с целью исключения влияния движений наружного воздуха и влияния влажности) ребра стеклянного параллелепипеда обрабатывались изнутри силиконовым герметиком, а снаружи проклеивались липким скочем.

В наших экспериментах такая конструкция СКВ использовалась с тремя разными системами регистрации:
– Ф\Э устройство с круговой фотодиодной линейкой.
– Регистрация положения стрелки СКВ с помощью ТВ-камеры;
– Использование с той же целью WEB-камеры.

Подробное описание прибора с круговой фотодиодной линейкой приведено в работе [3]. В нижней грани корпуса прибора по кругу сделаны 64 отверстия, внутри которых установлены фотодиоды, собранные по специальной схеме. Подвижная часть СКВ подвешена над этой круговой фотодиодной линейкой так, что свет от коллимированного источника, падающий вертикально вниз, создает на площадке тень от коромысла СКВ.

Ширина тени коромысла за счет прикрепленного к коромыслу непрозрачного лепестка выбирается такой, чтобы тень всегда перекрывала апертуру одного или двух соседних фотодиодов. Электронная схема переводит порядковый номер закрытого фотодиода в угловую меру и записывает в память компьютера угол и соответствующий момент времени. Корпус прибора ориентировался в пространстве таким образом, чтобы фотодиод с номером 0 всегда был обращен к точке юга. Эта система регистрации, реализованная в приборах Avt_1 и Avt_2, обладает высокой помехоустойчивостью, надежностью в работе, но дает недостаточно высокое угловое разрешение – около 5°.

2. Схема регистрации, основанная на использовании ТВ-камеры совсем проста. Над крутильными весами юстировалась ТВ-камера, сопряженная с компьютером, который через заранее заданные интервалы времени (обычно 1 или 10 минут) записывал в память компьютера изображение круговой градусной шкалы СКВ со спроецированной на нее стрелкой крутильных весов. Наблюдатель по окончании наблюдений просматривал последовательные изображения и вручную считывал с них показания. Этот метод позволял снимать отсчеты с точностью 1-2°.

3. На рис.1 приведена схема системы автоматической регистрации показаний СКВ, основанная на использовании WEB-камеры. В этой схеме не используется круговая отсчетная шкала. Вместо неё на нижней квадратной грани корпуса СКВ в двух противоположных углах этого квадрата, симметрично относительно его центра «О» приклеивались 2 белые метки «S» и «N» . За счет поворота корпуса весов эти метки можно было сориентировать так, что соединяющая их линия совпадала с направлением географического меридиана.

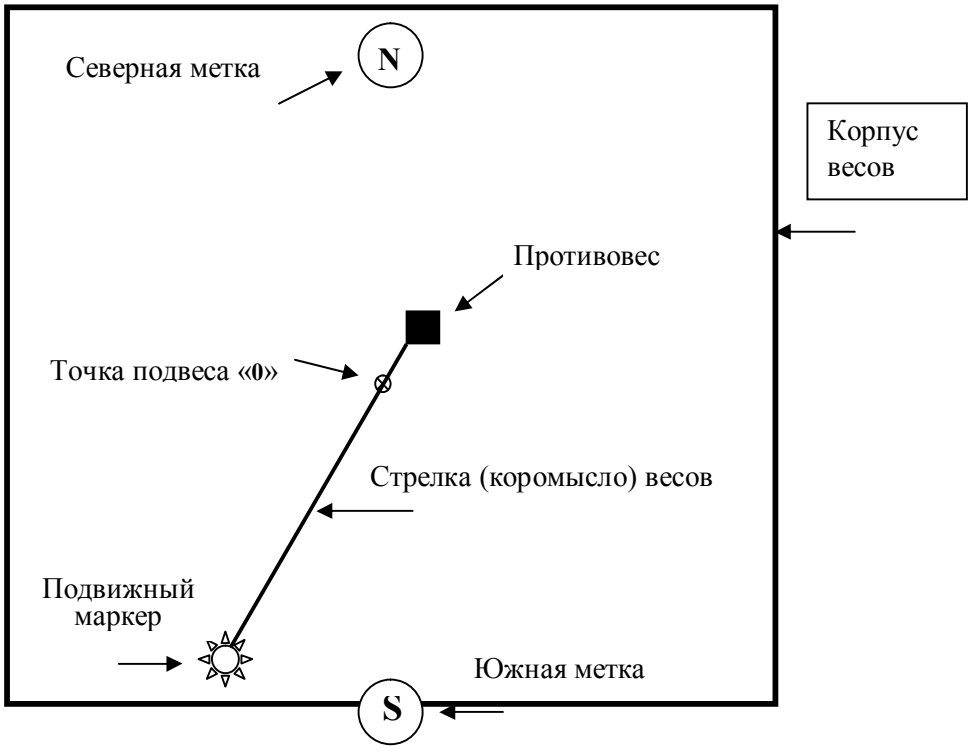


Рис.1. Схематическое изображение поля зрения, каким оно представляется объективу WEB-камеры. Сама WEB-камера находится сверху и на рисунке не показана.

На конце длинного плеча подвижного коромысла укреплялся еще один белый кружочек – т.н. мобильный маркер. Поскольку во время работы коромысло (стрелка) СКВ описывало круговые движения вокруг точки подвеса (условный центр «0») , то, естественно, мобильный маркер также совершал круговое движение вокруг этого центра. Над верхней стеклянной гранью корпуса СКВ помещалась WEB-камера, соединенная с компьютером. Расположение камеры и источников освещения подбирались такими, что WEB-камера «видела» три белых пятна: подвижный маркер и две неподвижные метки.

Была разработана программа, способная распознавать взаимное положение указанных пятен, выделять из них подвижный маркер и определять его угловое положение относительно двух неподвижных меток, задающих меридиональное направление. Угловая погрешность единичного измерения этой системы регистрации составляла не хуже ± 0.17°. Эта же программа записывала дату и время обработки индивидуального изображения и строила посуточные графики, на которых в режиме реального времени можно было наблюдать за текущим положением коромысла на экране удаленного монитора.

НАБЛЮДЕНИЯ

С помощью описанных устройств (Avt_1, Avt_2, TV ,WEB_1 и WEB_2) с лета 2008 года в ГАО НАН Украины начались регулярные наблюдения за поведением стрелок СКВ. В результате этих измерений было установлено, что помимо некоторых спорадических реакций, не обусловленных видимыми причинами, СКВ совершенно однозначно регистрируют некий сложный сигнал, который повторяется от суток к суткам с периодом 24 часа.
Приборы устанавливались в разных местах лабораторного корпуса ГАО, защищенных от присутствия посторонних людей, удаленных от работающих компьютеров, кондиционеров и электромеханических систем. Ниже приведены результаты более, чем 9-месячных измерений, выполненных с описанным выше устройствами.

A. Наблюдения с Avt_1.

На рис. 2 показаны оригинальные наблюдения, выполненные в период со 2 по 10 октября 2008 года в холле пред конференц-залом ГАО. Шкала ординат – это точка астрономического азимута, на которую указывает длинное плечо коромысла весов. На шкале абсцисс указано непрерывное время в часах, начиная с 0 часов 2 октября. Вертикальными пунктирными линиями отмечены границы суток. Разрыв в наблюдениях 5-6 октября вызван техническими причинами.

Видно, что сигнал обладает устойчивой периодичностью, причем в ночное время (в частности, на границе суток, т.е. в полночь) сигнал держится относительно устойчиво в диапазоне углов от 100° до 110°.

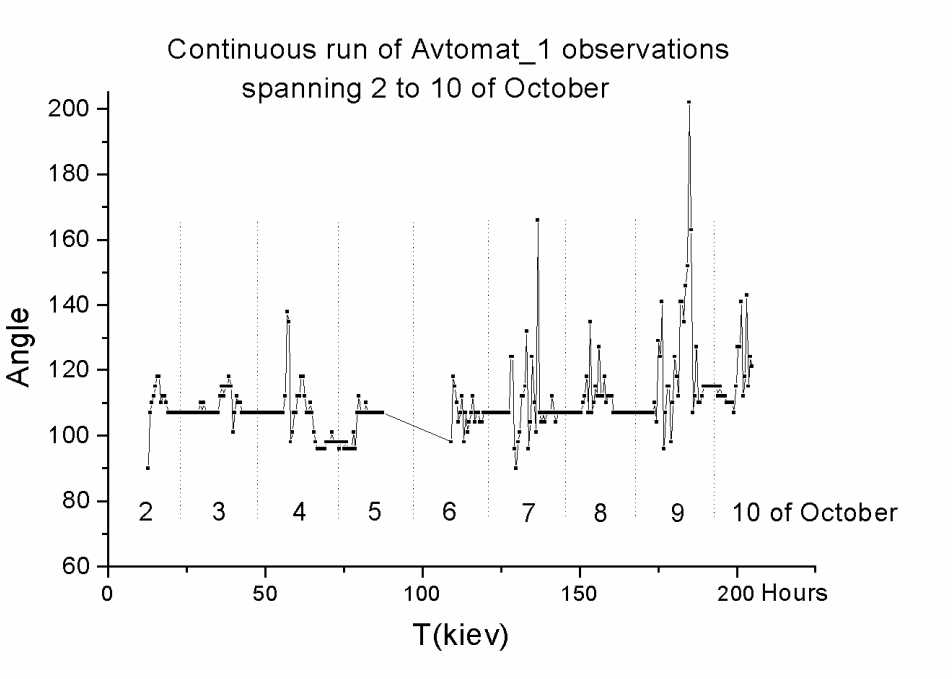


Рис.2

На рис 3. показан результат построения т.н. фазовой кривой, для вычисления которой все наблюдения были «свернуты» с периодом 24 часа. Он дает представление о том, какова средняя реакция СКВ в течение суток.

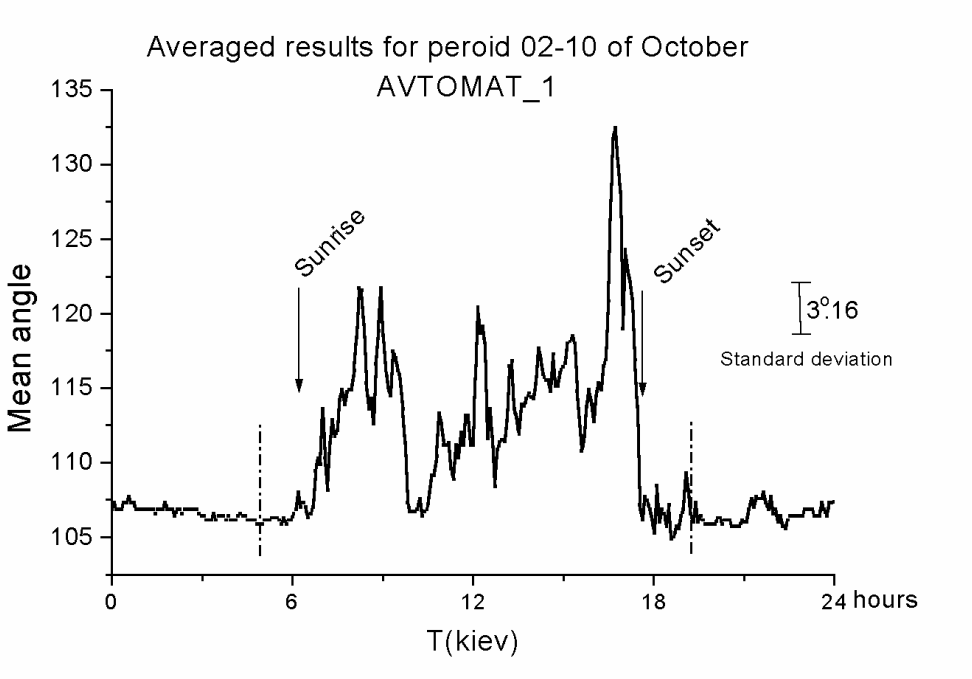


Рис.3

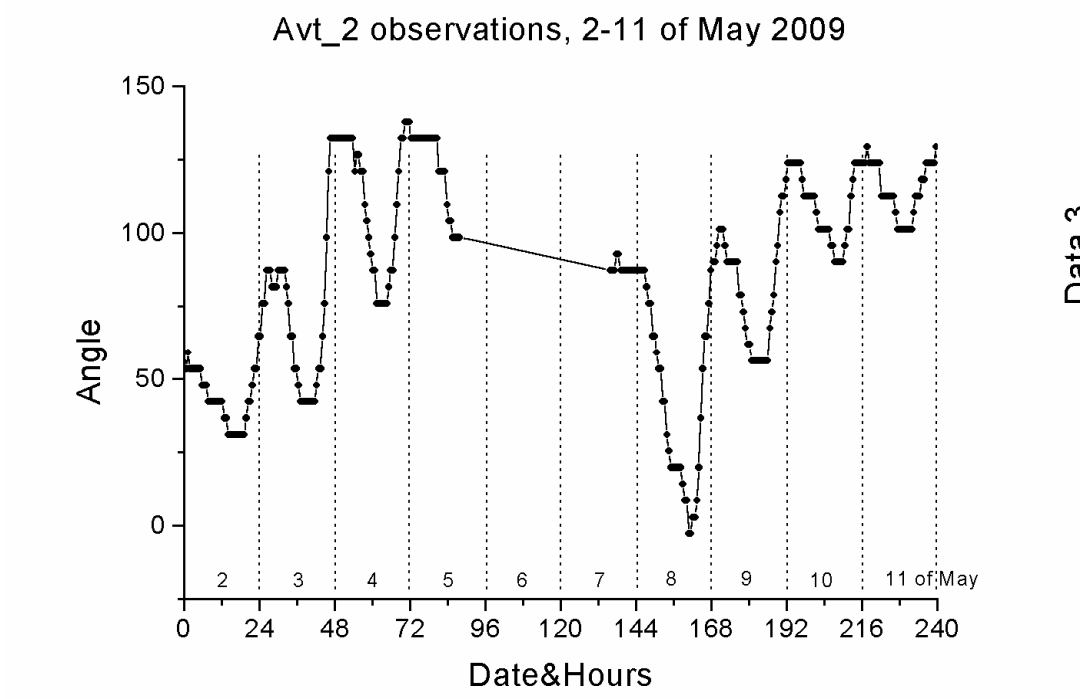
На графике вертикальными стрелками указаны моменты восхода и захода Солнца для 6 октября – середины ряда наблюдений. Совершенно очевидно, что состояние СКВ описывается двумя фазами: пассивной – от момента захода Солнца до его восхода; и активной – в светлое время суток. Анализ графика, показанного на рис. 3, дает среднее значение угла для темного времени суток 106.53°, при этом величина стандартного отклонения составляет всего лишь ± 0.651°,что , с учетом погрешности метода измерений,

свидетельствует об относительной стабильности сигнала (или об его полном отсутствии) в ночной период суток. Бар с отметкой 3.16° на рис. 2 показывает величину стандартного отклонения, которое дает представление о том, как расходятся между собой кривые от одних суток к другим. Очевидно, что мера разброса сигнала гораздо меньше амплитуды его изменения в светлое время суток, что указывает на достоверность результатов.

Б. Наблюдения с Avt_2.

Прибор Avt_2 был несколько совершеннее прибора Avt_1, однако модернизация коснулась только регистрирующей части и способа записи, тогда как собственно СКВ были почти точно такими же, как и в приборе Avt_1. В этом смысле, приборы можно считать почти идентичными. Прибор Avt_2 с момента его установки в сентябре 2008 года находится в изолированном бункере технического этажа ГАО.

Практически на протяжении всего срока наблюдений это устройство также регистрировало, кроме прочих, повторяющиеся с суточным периодом сигналы. На рис. 4 показан один из фрагментов многомесячной записи, где суточные колебания выражены наиболее четко. Несмотря на то, что меняется амплитуда сигнала и его среднее за сутки значение, тем не менее факт устойчивых периодических изменений кажется бесспорным: отсчеты в ночное время суток всегда отличаются от дневных. Построенная по этим данным фазовая кривая (в работе не приводится) также четко подтверждает присутствие суточной переменности. Однако в этом случае отсутствует резкая граница перехода от активной фазы к пассивной, так четко видимая на рис. 3. Скорее всего, отсутствие резкой границы обусловлено переменностью суточной амплитуды и среднесуточных значений. Оба этих «шумящих» фактора размывают фазовую кривую, вследствие чего теряется резкий переход от активной фазы к пассивной и наоборот.



В. Наблюдения с телевизионной установкой.

TV-наблюдения ввиду трудоемкости их обработки, проводились либо в даты лунных и солнечных затмений, либо эпизодически, выступая в качестве вспомогательной и подкрепляющей меры при проведении других измерений. Тем не менее, даже в условиях ограниченной применимости, измерения с помощью телекамеры также позволили зарегистрировать суточные изменения сигнала. На рис.5 показана редуцированная кривая TV-измерений, проводившихся в период с 22 апреля по 6 мая 2009 года в комнате 312 лабораторного корпуса ГАО. От оригинальной кривой она отличается тем, что с нее снят долгопериодический тренд с характерным временем около 12 суток.

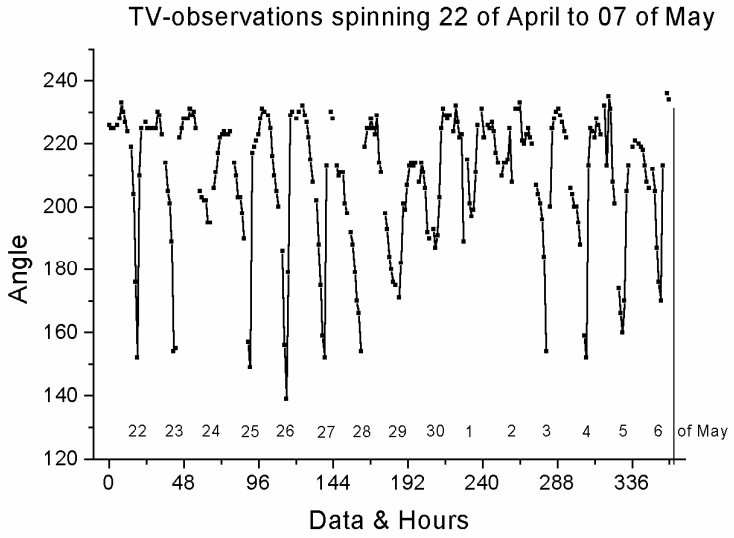


Рис. 5

Эта операция, проведенная исключительно с косметической целью, позволила несколько выровнять максимальные отсчеты и сделать более рельефными именно суточные изменения. Понятно, что снятие низкочастотного тренда нисколько не повлияло на качественный вывод о постоянном (на данном отрезке измерений) присутствии устойчивого повторяющегося сигнала в периодом 24 часа.

Г. Наблюдения с WEB_1 камерой

Использование устройств, основанных на применении WEB-камер, также позволило во всех случаях наблюдений зарегистрировать 24-часовую моду. На рис. 6 представлена наиболее длинная и не очень сильно искаженная часть августовских наблюдений 2008 года. Пробелы на графике связаны с техническими проблемами, когда измерения не проводились. Устройство было установлено в бункере технического 4-го этажа. По результатам этих измерений построена фазовая кривая, показанная на рис. 7, которая подтверждает присутствие 24-х часового периода. Так же, как и на рис. 3, максимальные отсчеты приходятся на полдень, тогда как минимальные отсчеты приходятся, в основном, на темное время суток. Правда, в данном случае нет четкого совпадения моментов восхода и захода Солнца (их значения на 17 августа показаны на рисунке вертикальными линиями) со сменой активных и пассивных фаз.

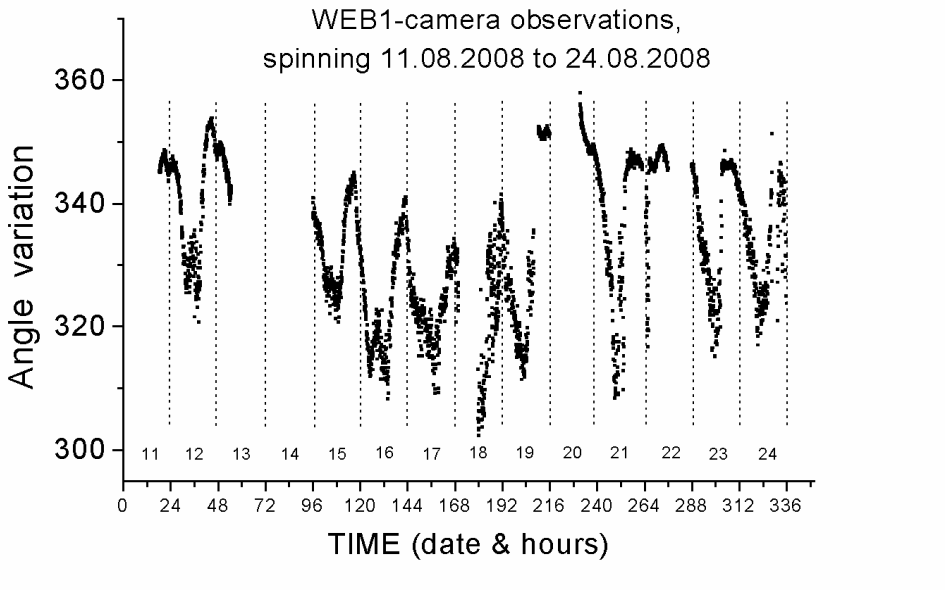


Рис. 6

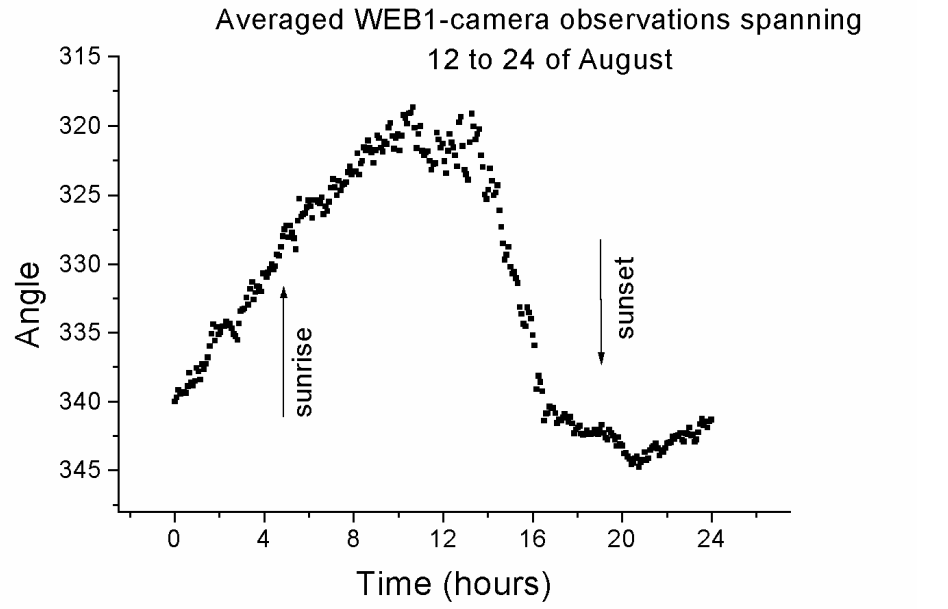


Рис.7

Д. Наблюдения с WEB_2 камерой

Приводимые ниже результаты получены со второй WEB-камерой, которая стояла в непосещаемой комнате 216 на 2 этаже лабораторного корпуса. Результаты наблюдений в период с 17 по 23 февраля 2009 года показаны на рис 8. Очевиден не только суточный характер вариаций, но совершенно четко видно деление сигнала на активную и пассивную фазы.

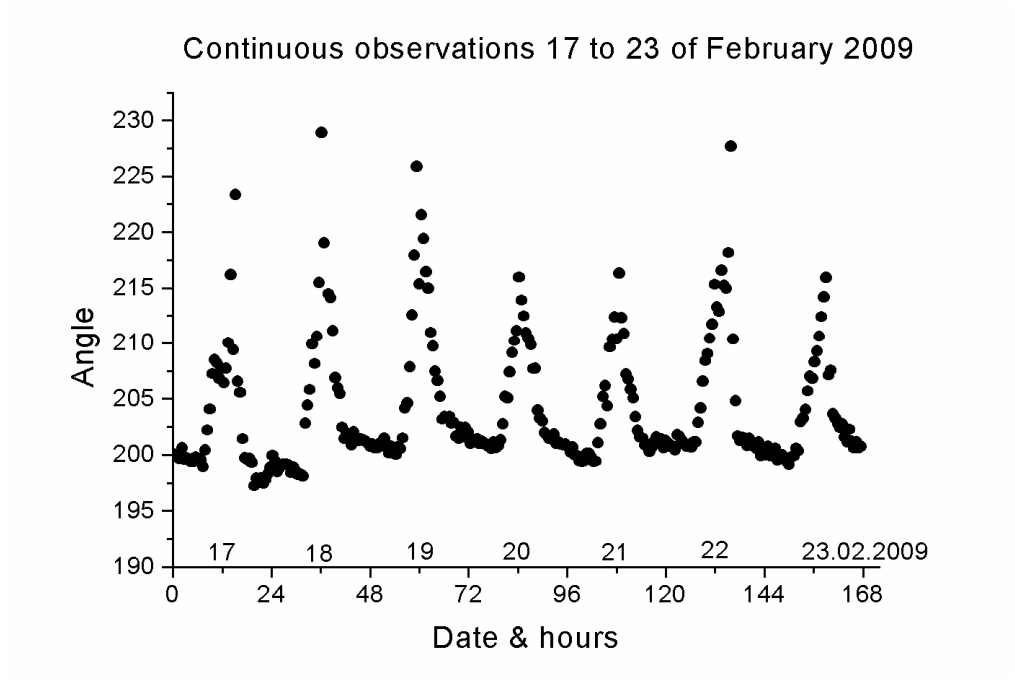


Рис. 8

Поскольку измерения с WEB-2 камерой отличались высокой точностью (погрешность единичного измерения составляла менее ± 0°.172), четкое проявление активной и пассивной фаз можно проследить не по усредненной, а по индивидуальным суточным кривым. Такие кривые изменения сигнала для отдельных дат представлены на рис. 9.

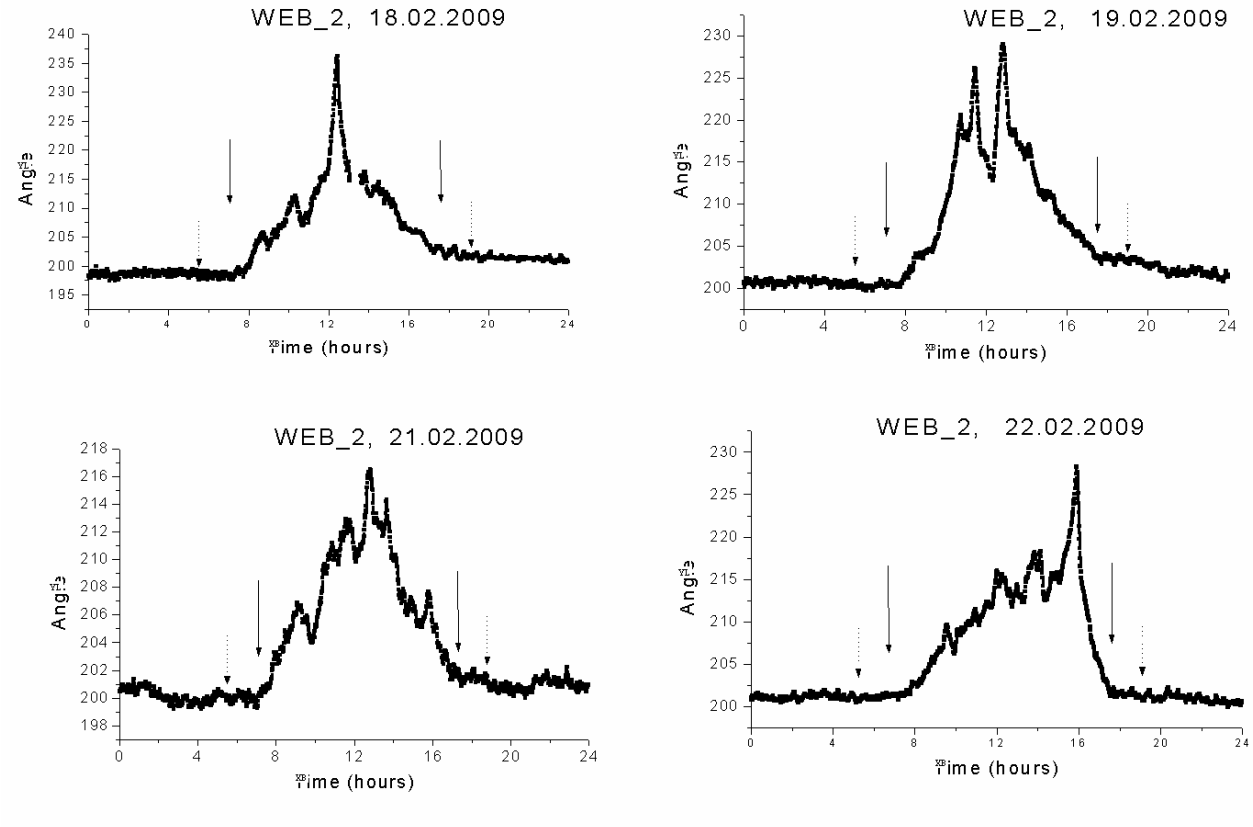


Рис. 9

Вертикальными сплошными стрелками показаны моменты восхода и захода Солнца. Связь этих моментов с моментами смены фаз, ранее установленная по наблюдениям с прибором Avt_1 (рис. 3), подтверждается также и по измерениям с прибором WEB-2.

***

Таким образом, пять разных приборов (с тремя принципиально отличными системами регистрации), установленные в разных местах, в разные сезоны года совершенно четко регистрируют изменения сигнала, период которых составляет точно 24 часа, т.е. совпадает с солнечными сутками. Эта суточная периодичность проявляется не только в даты продемонстрированных наблюдений, она проявляется в той или иной мере постоянно и даже хорошо заметна в те моменты, когда СКВ регистрируют другие сильные спонтанные сигналы и шумы.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Поскольку причина зарегистрированных суточных изменений пока не ясна, в число подозреваемых провоцирующих факторов можно на первых порах включить несколько физических причин.

1. Температура. Изменения температуры представляются маловероятной причиной, поскольку форма кривых изменения сигнала имеет специфический вид. Если бы зарегистрированные изменения вызывались изменениями температуры прибора, они, скорее всего, отражались на графике в форме кривой, близкой к синусоиде, и в этом случае не имело бы место четкое деление на две фазы. Для проверки этого предположения были проведены специальные измерения температуры. Рядом с действующим прибором, точно в таком же стеклянном герметизированном корпусе, установленном внутри большой картонной коробки, находился стрелочный термометр-гигрометр, показания которого дистанционно считывались телекамерой. Предполагалось, что температура и влажность внутри корпусов крутильных весов и термометра-гигрометра будут меняться синхронно ввиду одинаковости окружающих их условий. Результат измерений показан на рис 10.

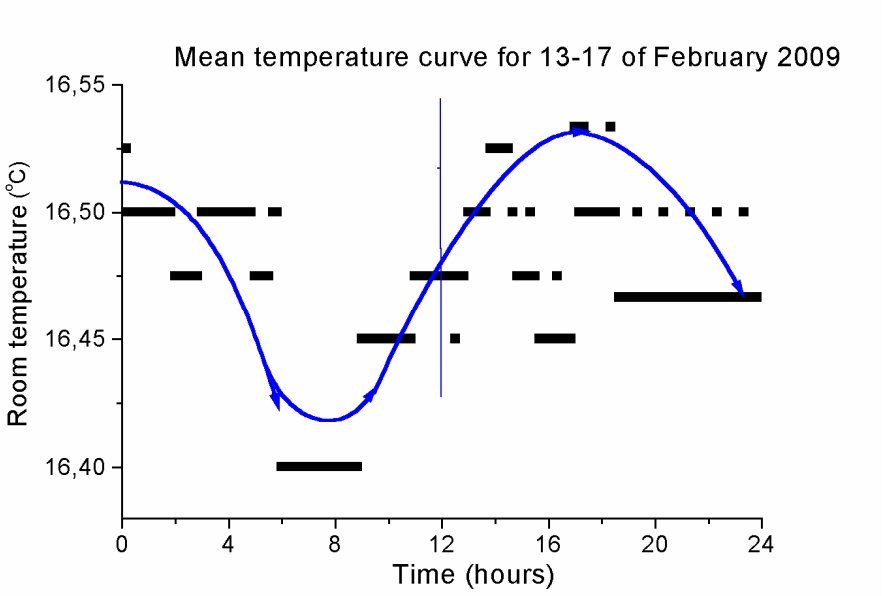


Рис. 10

Из графика, на котором представлены усредненные наблюдения за 5 дней (с 13 по 17 февраля 2009), видно, что:

–а) изменение температуры внутри прибора было небольшим, поскольку средняя амплитуда не превышала 0.15°C;

–б) максимум температуры, как и ожидалось, наступал через приблизительно 5 часов после полудня, что объясняется тепловой инерцией помещения и оболочек приборов.

Таким образом, если бы показания крутильных весов зависели только от температурных изменений, то, во-первых, форма кривой зарегистрированного сигнала была бы похожа на синусоиду; и, во-вторых, максимум отсчетов запаздывал относительно полудня на 5 часов. Этого, как видим, не было. Поэтому температурные колебания не могли быть основной причиной переменности зарегистрированного сигнала, хотя теоретически их минорное влияние могло присутствовать.

2. Влажность. Влажность в указанный период измерений менялась внутри контрольного прибора на несколько процентов. Изменения носили случайный характер без какого-либо намека на суточную периодичность. По этой причине изменения влажности не могут считаться основной причиной переменности зарегистрированного сигнала.

3. Изменение состояния ионосферы над местом проведения наблюдений.

Поскольку активная фаза зарегистрированного сигнала начиналась с восходом Солнца и заканчивалась с его заходом, возникло предположение о том, что УФ- лучи восходящего Солнца, увеличивая степень ионизации атомов ионосферы, таким опосредованным образом влияют на показания СКВ. Однако, очевидно, что восход Солнца на высоте 70-80 км над местом проведения измерений будет наблюдаться раньше, чем истинный момент восхода для точки на поверхности Земли. Простые расчеты показывают, что на высоте 70 км (это приблизительная высота С-слоя, где степень ионизации атомов становится значительной)

теоретический восход будет наблюдаться раньше на 1 час 19 минут, чем на поверхности Земли. Реальная же разность времен, рассчитанная с учетом горизонтальной рефракции, равна 1 часу 30 минутам. На рисунках 3 и 9 штрихпунктирными и пунктирными стрелками, соответственно, показаны моменты, когда первые лучи восходящего Солнца достигают высоты 70 км (а также моменты захода Солнца для этой высоты). Как видно, они значимо отличаются от наблюдаемых моментов смены фаз и поэтому можно заключить, что изменение состояния нижних слоев ионосферы не может быть связано с наблюдаемым суточным эффектом.

Этот вывод приобрел бы еще большую силу, если бы расчеты велись для слоя F на высоте 130-140 км, где концентрация электронов (или степень ионизации атомов) достигает максимального значения. Но, как видно, даже скромных предположений уже достаточно для того, чтобы отвергнуть гипотезу о возможном влиянии ионосферы на показания крутильных весов.

4. Приливные эффекты Солнца и Луны. Влияние приливных эффектов не может существенной быть причиной, периодически изменяющей положение стрелки СКВ, поскольку известно, что приливное возмущение от Луны вдвое превышает солнечное. В случае доминанты приливного эффекта зарегистрированный период показаний СКВ равнялся бы не 24 часам, а был бы равен синодическому периоду обращения Луны. Но это, как видим, не так.

5. Сила Кориолиса. Отсутствует, поскольку скорость неподвижного объекта (в данном случае, СКВ) в направлении к центру вращения равна нулю.

6. Солнечная гравитация. Это серьёзная причина, влияние которой необходимо рассмотреть подробнее. Вектор силы солнечного притяжения меняет свое направление в течение суток. Днем вертикальная компонента силы солнечной гравитации направлена вверх и ослабляет натяжение нити, на которой подвешена стрелка СКВ. Ночью этот эффект действует в обратном направлении. Поскольку нить из кокона тутового шелкопряда не может считаться идеально однородной и свободной от собственных «вмороженных» крутящих моментов, то возможно, что изменение натяжения нити вызывает в конечном итоге дополнительный крутящий момент, поворачивающий стрелку СКВ. Правда, в этом случае характер зарегистрированных колебаний должен был бы отражаться на графике синусоидой, но в нем, как представлено выше, присутствует так называемая «пассивная фаза», когда в ночное время суток амплитуда колебаний от захода Солнца до восхода существенно уменьшается.

Кроме этих умозрительных заключений для исключения гравитации, как возможной причины суточных колебаний СКВ, в период с 22 апреля по 7 мая 2009 года был поставлен специальный эксперимент. Его суть состояла в том, что нить работающих СКВ периодически нагружалась и освобождалась от дополнительного груза, вес которого приблизительно соответствовал силе солнечной гравитации.

Исходя из того, что «солнечное» ускорение свободного падения a_0 на расстоянии 1 а.е. равно

$$a_0 = 0.5931 \text{ см/с}^2,$$

а вес подвижной части СКВ не превышает 500 мг, была рассчитана сила F_1, с которой солнечное притяжение действует на стрелку с противовесом:

$$F_1 = 303 \text{ мкг.}$$

Вектор силы солнечного притяжения не совпадает с вертикальной линией, поскольку полуденная высота Солнца над горизонтом составляла в среднем за период проведения измерений 54.6°. Учет синуса этого угла дает значение максимального вертикального компонента этой силы F_2, которая реально действовала на нить:

$$F_2 = 247 \text{ мкг}$$

Имитация этой силы осуществлялась путем подвешивания дополнительного груза.
От медной проволоки диаметром 0.05 мм был отрезан кусочек длиной 25.6 мм, вес которого

$$F_3 = 448 \text{ мкг.}$$

Эта проволочка специальным приспособлением надевалась или снималась с коромысла СКВ, что имитировало гравитационное воздействие Солнца. Смена груза производилась обычно через день на протяжении 16 дней. Статистически были отдельно обработаны дни с надетым грузиком и отдельно – со снятым. В учет принимались только отсчеты, сделанные ночью, т.е. в состоянии пассивной фазы, поскольку сильные колебания стрелки в дневное время могли существенно «замазать» искомый эффект. Результат такого сравнения показан на рис. 11 (на этом графике показаны далеко не все измеренные значения). Звездочками представлены отсчеты СКВ без дополнительного грузика, а квадратиками – отсчеты нагруженных весов. Даже беглого взгляда на этот рисунок достаточно, чтобы заметить отсутствие значимых различий в показаниях нагруженных и разгруженных СКВ. Статистическая обработка данных подтверждает этот вывод. Среднее значение показаний без груза равно 226.04°, а с грузом – 225.30°, при этом погрешности определения среднего значения равны, соответственно, ± 0.18° и ± 0.20°. Первое значение основано на результатах 422 измерений, а второе – на 516 измерениях, таким образом, статистика (938 точек) достаточна для того, чтобы считать эти результаты достоверными.

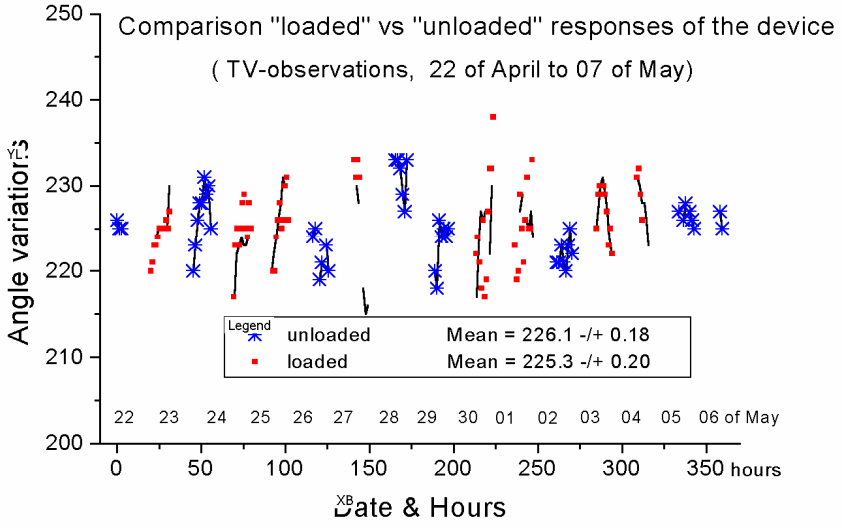


Рис.11

На рис. 12 представлена гистограмма распределения всех отсчетов, включая дневные и ночные. Средние значения нагруженных и ненагруженных весов показаны квадратиками и звездочками. Видно, что амплитуда суточных вариаций намного превышает 70°, при этом разность средних показаний нагруженных и ненагруженных весов равна всего лишь 0.74°, т.е. почти на 2 порядка меньше. При этом следует еще учесть, что вес дополнительного грузика почти вдвое превышал расчетную силу солнечного воздействия и при этом не было обнаружено эффекта от разного натяжения нити. Если бы суточные вариации показаний СКВ определялись бы только меняющейся солнечной гравитацией, то в этом случае в эксперименте с навешиванием грузика амплитуда от эффекта навешивания должна была бы намного превышать 71°, поскольку вес грузика почти вдвое превосходил расчетную силу солнечного притяжения.

В итоге, мы приходим к выводу, что разное натяжение нити СКВ в зависимости от разного положения Солнца не может служить объяснением обнаруженного эффекта.

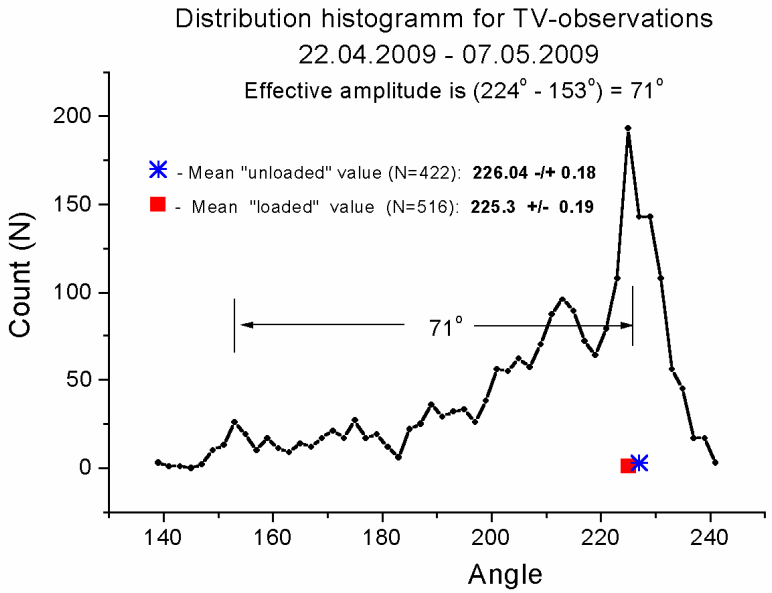


Рис. 12

7. Другие возможные эффекты. Среди других возможных причин были рассмотрены магнитное и электростатическое поле. Влияние магнитного поля не имеет доминирующего характера, во-первых, потому, что все детали СКВ сделаны из немагнитных материалов; и во-вторых потому, что однажды при приближении грозы были проведены одновременные измерения напряженности магнитного поля и параллельно визуально снимались показания СКВ. Никакой корреляции не обнаружено. Кроме того, трудно представить себе физический механизм, который менял бы величину напряженности МП в зависимости от высоты Солнца над горизонтом.

Влияние электростатического поля может быть существенным. Это легко проверяется путем поднесения к прибору предметов, заряженных статическим электричеством. Но в условиях стационарной лабораторной обстановки если этот эффект и существует, то он в худшем случае скажется лишь в том, что дополнительный вращающий момент изменит показания СКВ в одну сторону и не будет иметь периодического характера. В реальных

условиях нам не приходилось замечать значимого проявления эффекта электростатического поля. Несколько лет назад при проведении первых наблюдений с СКВ во избежание влияния ЭС/поля мы помещали корпус СКВ в заземленную клетку Фарадея, изготовленную из железной проволоки диаметром около 1 мм и с размером ячейки около 1 см. Но реального улучшения результатов эта мера не принесла. Кроме того, мы проводили одновременные визуальные наблюдения с участием нескольких неавтоматизированных приборов (до 8 штук), часть из которых была экранирована вышеуказанной клеткой. При этом качественно показания экранированных и не экранированных приборов хорошо совпадали. Таким образом, едва ли влияние электростатического поля может быть причиной обнаруженных суточных вариаций.

Среди причин-артефактов, влияющих на показания СКВ часто называют конвекцию воздуха внутри корпуса СКВ. Действительно при отсутствии термостатирования или при наличии значимого температурного градиента в пространстве, где стоят СКВ, влияние конвективных движений воздуха может очень сильно исказить реакцию крутильных весов. При наличии сильной конвекции стрелка устанавливается в направлении положительного градиента теплового поля и при этом совершает квазипериодические колебания относительного какого-то среднего значения с продолжительностью цикла 30-140 секунд. Происходит то, что в миниатюре напоминает флаттер. В своих экспериментах мы учитывали эту возможность и исключали условия возникновения значимой конвекции: приборы находились в закрытых помещениях, термостатировались дополнительными деревянными или картонными коробами, а для подсветки применялись светодиоды или маломощные осветительные лампочки с электрической мощностью менее 5 вт.

Исходя из имеющегося опыта можно утверждать, что хотя полностью исключить влияние конвекции невозможно, нам удалось минимизировать ее влияние до такой степени, что вызываемое ею воздействие было намного меньше зарегистрированного суточного эффекта.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

Как следует из представленных материалов, обсуждаемые суточные вариации присутствуют практически всегда и их период равен 24 часам. Вывод о величине периода следует из того факта, что с октября 2008 по май 2009 года максимумы (или минимумы) отсчетов приходились в среднем на полдень, т.е. за 7 месяцев наблюдений не произошло смещения максимума относительно времени суток. Особенность обсуждаемых вариаций стоит в том, что в большинстве случаев они четко делятся на две фазы: активную, которая начинается с восходом Солнца, и пассивную, которая начинается после захода Солнца и в течение которой амплитуда колебаний стрелки СКВ резко уменьшается. Обнаруженный эффект проявляется в разное время, регистрируется в разных местах и разными приборами, что свидетельствует о том, что его природа не связана с непосредственной окружающей обстановкой или используемой аппаратурой, а скорее имеет отношение к космическому окружению. Все эти три факта указывают на то, что именно Солнце индуцирует обнаруженные суточные вариации. Это предположение находит косвенное подтверждение в том факте, что среди возможных причин, могущих вызывать суточные колебания стрелки СКВ, пока не удалось найти очевидных.

Интересен тот факт, что СКВ реагируют не непосредственно на солнечный свет или, тем

более, на прямые солнечные лучи. Как правило, солнечный свет вообще не доходит до них. Например, прибор Avt_2 на протяжении всего времени работы с ними стоял в техническом помещении без окон и дверей, в которое вел только один небольшой люк. В это помещение на протяжении многих лет не попадал ни единый луч естественного света. Но, как видно из представленных результатов, показания этого прибора качественно не отличаются от других приборов. Это обстоятельство затрудняет поиск того механизма или того носителя, который переносит солнечное воздействие внутрь корпуса СКВ.

Обнаруженный эффект, похоже, ассоциируется с некоторыми другими солнечными феноменами, объяснение которых до сих пор вызывает большие трудности. Так, еще в 1938 году японский физиолог М. Таката установил, что скорость флоккуляции белка крови альбумина скачком изменяется на 10-15% в моменты, когда Солнце при восходе или заходе пересекает математический горизонт в месте проведения измерений [4]. Известны и другие необычные физические явления, обусловленные солнечным действием. Так, в 1954 г. во время полной фазы солнечного затмения Нобелевский лауреат М. Аллья обнаружил скачкообразное изменение периода колебания маятника, подвешенного на 1-м стальной проволоке [5]. Еще более поразительные результаты получили китайские исследователи, измеряя разности показаний нескольких пар рубидиевых стандартов времени. В момент наступления полной фазы солнечного затмения 24 декабря 1992 года плавный ход этих разностей был нарушен резким скачком [6]. Помимо этих обнаружено много других физических феноменов, ассоциированных или с крутильными весами и/или с влиянием Солнца, причем некоторые из них опубликованы в солидных научных журналах [7, 8]. Попытку верифицировать обнаруженные явления сделал Дуиф и в результате анализа имеющихся данных пришел к выводу, что в большинстве своем они достойны тщательного научного изучения [9].

Несмотря на то, что природа обнаруженного феномена остается пока не выясненной, сам эффект может найти важное **практическое применение**. Имеются ввиду методы измерения константы всемирного тяготения **G**. До недавнего времени значения **G** определялись исключительно эмпирическим путем, где основным инструментарием как раз служили крутильные весы. При этом, несмотря на почти идеальное совершенство используемых методов и приборов, точность конечного результата оставалась довольно низкой. **G** – самая плохо определенная константа: ее точность ограничивается 4 знаками [10]. Это неприемлемо для мировой константы, от значения которой зависят результаты решения многих задач небесной механики, астрофизики и космологии.

Не исключено, что причиной расхождения эмпирических результатов по определению **G** является игнорирование обнаруженного нами эффекта. В разное время суток неизвестный компонент солнечного излучения создает переменный крутящий момент, который искажает истинное показание СКВ, участвующих в эксперименте. Для минимизации этого эффекта измерения **G** с помощью крутильных весов необходимо проводить в ночное время и, помимо этого, избегать моментов, когда СКВ показывают значимые спорадические колебания стрелок.

Следует отметить то, что помимо четко зарегистрированных суточных вариаций при проведении данных исследований обнаружены некоторые другие эффекты, которые по причине недостаточной изученности не подлежат пока рассмотрению. Это относится, в частности к появлению вторичных максимумов и минимумов, которые отличают одну

индивидуальную кривую от другой (см. рис. 9). Непонятно также то, чем объясняется разная полярность сигналов, зарегистрированных разными приборами (сравни, например, рис.3 и рис. 5). Возможно, этот факт связан с индивидуальными особенностями каждого прибора, с так называемой «responce function». Не исследованы причины изменения среднесуточных значений (низкочастотный тренд). Однако, эти вторичные эффекты, важные сами по себе, не затеняют основного факта: постоянного присутствия каких-то солнечных воздействий, влияющих на показание СКВ. Для анализа этих вторичных эффектов проведенных наблюдений недостаточно.

Заметным недостатком работы является отсутствие метрологического исследования приборов. Не определено значение крутящего момента, необходимого для поворота стрелки прибора на какой-либо единичный угол. Это пока не сделано по двум причинам. Во-первых, на первых этапах исследования измерения носили чисто качественный характер. Важно было установить сам факт периодической реакции СКВ. Для этого знание «чувствительности» прибора не является необходимым. Во-вторых, у весов данной конструкции в данных исследованиях внешний крутящий момент намного больше собственного крутящего момента нити подвеса. Простой эксперимент показывает, что если в устоявшемся режиме повернуть вместе с корпусом весов точку подвеса нити на 20-30 градусов, то видимого изменения положения стрелки (в абсолютной системе угловых координат) не произойдет. Во всяком случае, оно будет равно или меньше неопределенности, обусловленной флуктуацией отсчетов.

ВЫВОДЫ

1. С помощью сверхлегких СКВ обнаружен постоянно присутствующий периодический сигнал, влияющий на положение стрелки. Можно полагать, что именно малая масса подвижной части прибора является принципиально важным моментом при проведении подобных измерений.
2. Период обнаруженного сигнала равен 24 часам.
3. Этот периодический сигнал в разные сезоны года четко регистрируется разными СКВ, установленными в разных местах и использующих принципиально разные системы регистрации.
4. В большинстве случаев удается четко вычленить 2 фазы сигнала: активную и пассивную. Активная фаза начинается с восходом Солнца и заканчивается с его заходом для места проведения измерений.
5. Сделан вывод о том, что источником непонятного сигнала, влияющего на положение стрелки СКВ, является Солнце.
6. Рекомендовано **измерения константы G** в других лабораториях мира, которые выполняются с применением крутильных весов, **проводить в ночное время** в периоды пассивной фазы и в моменты отсутствия сильных спорадических сигналов, которые легко могут быть обнаружены с помощью СКВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. F. Notling, J. Schurr, St. Schlamminger et al. Determination of the gravitational constant G by means of beam balance // Europhysics News, v. 31, n 4, 2000.

2. Пугач А.Ф., Медведский М.М., Перетятко, Н.Н., Шавловский и др. Первый опыт наблюдения солнечного затмения с помощью миниатюрных крутильных весов // Кинематика и физика небес. тел. – 2008. – 24, № 5. – С. 401-410.

3. Пугач А.Ф., Медведский М.М. Фотоэлектронное устройство для регистрации движения коромысла крутильных весов // Кинематика и физика небес. тел. – 2009. – 25, № 3. – С. 234-241.

4. Takata M. Uber eine neue biologische wirksame komponente der Sonnen-strahlung. Beitrag zu einer experimentellen Grundlage der Heliobiologie // Arch. Meteorol., Geophys. und Bioklimatol. B. .- 1941. Bd.2, N2, s. 486-489.

5. Allias M.F.C. Mouvement du pendule paraconique et eclipse totale de Soleil du 30 juin 1954 // C.R.Acad. Sci.- v.245.- p. 2001, 1957

6. Zhou S.W., Huang B.J., Ren Z.M. The abnormal influence of the partial solar eclipse on December 24th, 1992, on the time comparison between atomic clocks // Il Nuovo Cimento, v. 18C, n.2, p. 223-236, 1995.

7. Saxl E.J., Allen M. 1970 solar eclipse as "seen" by torsion pendulum // Phys. Rev., v. D 3, p. 823 - 825, 1971

8. Kuusela T. Effect of the solar eclipse on the period of a torsion pendulum // Phys. Rev., v. D 43, p. 2041 - 2043, 1991.

9. Duif C.P. A review of conventional explanations of anomalous observations during solar eclipse // arXiv: gr-qc/0408023, v.5, 2004.

10. Luther G., Towler W. Redetermination of the Newtonian gravitational constant G // Phys. Rev. Let. 1982. – V.48. – pp. 121 – 123.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

1. Схема СКВ с использованием WEB-камеры.
2. Результаты наблюдений с прибором Avt_1 со 2 по 10 октября
3. Фазовая кривая (Avt_1) со 2 по 10 октября
4. Фазовая кривая (Avt_2) со 2 по 11 мая
5. Результаты TV-наблюдений в период с 2 апреля по 6 мая
6. Результаты наблюдений с WEB-1 камерой за период с 11 по 24 августа 2008 года
7. Фазовая кривая с периодом 24 часа, построенная по наблюдениям, показанным на рис. 6
8. Результаты наблюдений с WEB-2 в период с 17 по 23 февраля 2009
9. Индивидуальные суточные кривые, полученные с WEB-2.
10. Среднее суточное изменение температуры (13-17 февраля 2009)
11. Сравнение показаний нагруженных и не нагруженных весов в период с 22 апреля по 7 мая
12. Гистограмма распределения отсчетов за весь период наблюдений с указанием средних отсчетов нагруженных (квадраты) и ненагруженных (звездочки) весов.