

ПРОЯВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛУНЫ ПРИ РЕГИСТРАЦИИ МОДУЛЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Владимир Гарбацевич, Игорь Шибает

ИЗМИРАН, Троицк, Россия
e-mail: ishib@izmiran.ru

Ключови думи: Магнитное поле, параметры орбиты Луны, спектр, дисперсия

Резюме: В работе оценивается проявление лунных параметров в магнитном поле Земли по данным измерительных комплексов магнитной обсерватории ИЗМИРАН. Спектральный анализ часовых показаний H , D , Z компонент проведен за 2015–2017 гг. Для получения более убедительных результатов получен спектр Dst индекса геомагнитной активности за тот же период. В спектрах исследуемых данных проявились как основной лунный период, так и период фаз Луны. Анализ дисперсионных свойств исследуемых рядов позволил во многих случаях оценить и конкретно связать магнитные отклики данных протонного магнитометра с параметрами лунной орбиты. Отмечена модуляция показаний периодом около года.

MANIFESTATION OF LUNAR PARAMETERS IN A MAGNETIC FIELD OF EARTH

Vladimir Garbatsevich, Igor Shibaev

IZMIRAN, Troitsk, Moscow, Russia
e-mail: ishib@izmiran.ru

Keywords: Magnetic field, lunar parameters, spectrum, dispersion

Abstract: In work manifestation of lunar parameters in a magnetic field of Earth according to magnetic observatory of IZMIRAN is investigated. Spectral analysis of hour indications of H , D , Z components is carried out for 2015 — 2017. For obtaining more convincing results the spectrum of Dst index is received for the same period. The fundamental lunar period and the period of phases of the Moon were obviously shown in these data. Dispersion analysis of the studied series allowed to connect, in many cases, magnetic responses with the moments of "supermoon". In work the statistical analysis of the main (basic) parameters of a lunar orbit is carried out. It is possible to note that the daily harmonica is modulated by the period about a year.

Введение

Исследования по влиянию Луны на параметры магнитного поля Земли ведутся ещё с 18 века, но и в настоящее время выдвигаются гипотезы и совершенствуется теория по влиянию Луны на геомагнитное динамо [1]. Значения вариаций лунных составляющих сравнительно невелики и составляют 1–2 нТл для горизонтальных / вертикальных компонент вектора магнитного поля и слабо зависят от долготы. Также отмечается, что амплитуда вариаций изменяется примерно обратно пропорционально кубу расстояния между Луной и Землей [2]. На средних широтах эти малые вариации маскируются другими сигналами. Естественно, что более четкого проявления влияния Луны следует ожидать при наибольшем сближении её с Землей и, особенно, если эти моменты совпадают или близки с моментами «новолуния» / «полнолуния». Таким образом, для настоящего времени – эпохи «суперлуния», эта зависимость должна быть максимальной. Также, нынешний период низкой солнечной активности является благоприятным для подобных исследований.

В работе оценивается проявление лунных параметров в магнитном поле Земли по данным двух измерительных комплексов магнитной обсерватории ИЗМИРАН (55.48° с.ш.,

37.32° в.д.). Спектральный анализ часовых показаний H , D , Z компонент проведен за 2015–2017 гг. Для получения более убедительных результатов получен спектр Dst индекса геомагнитной активности за тот же период (wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstdir/). Использование этого индекса не ограничивается только периодами геомагнитных бурь, также и в спокойные периоды геомагнитной активности для характеристики геомагнитных вариаций широко привлекаются непрерывные ряды его часовых значений, как наиболее чувствительного индикатора. В спектре Dst индекса явно проявились как основной лунный период, так и период фаз Луны.

Анализ дисперсионных свойств исследуемых рядов позволил во многих случаях оценить и конкретно связать магнитные отклики данных протонного магнитометра с моментами «суперлуния». Отмечена модуляция показаний периодом около года. В работе проведен статистический анализ основных параметров лунной орбиты.

Временная динамика параметров лунной орбиты

Система Земля-Луна вращается вокруг центра масс, который находится в 1600 км под поверхностью Земли. Полный оборот система делает вокруг этой точки за 27.3 суток. Вращение Земли вокруг оси не учитывается. Изучение приливной силы показывает, что лунная приливная сила в 2.5 раза больше солнечной. В тоже время в атмосфере солнечная приливная волна (0.5 суток) больше лунной [3, 4]. Так как проявление влияния Луны следует ожидать при наибольшем сближении и противопоставлении «новолуния» с «полнолунием», то будем опираться на две группы параметров лунной орбиты :

– минимальные и максимальные расстояния Земля–Луна ($R_{min}[i]$ / $R_{max}[i]$) и время их наступления ($T_{min}[i]$ / $T_{max}[i]$) ;

– моменты новолуния и полнолуния ($T_{new}[i]$ / $T_{fool}[i]$).

Значения этих параметров взяты с сайта (www.astronet.ru). Всего по 345 событий перигея / апогея за период 1993–2018 гг., моментов новолуния / полнолуния по 285 за 1996–2018 гг.

Временная динамика периодов для минимальных и максимальных расстояний ($T_{min}[i+1]-T_{min}[i]$ / $T_{max}[i+1]-T_{max}[i]$, $1 \leq i \leq 344$) представлена на Рис. 1а, а периоды между фазами новолуния и полнолуния соответственно на Рис. 1б ($T_{new}[j+1]-T_{new}[j]$ / $T_{fool}[j+1]-T_{fool}[j]$, $1 \leq j \leq 284$). Ось Ox отражает порядковую маркировку соответствующих характеристик.

Рис. 2 демонстрирует временную зависимость минимальных и максимальных расстояний в километрах, по оси Ox – дата события. Ниже, в таблице, приведены первые четыре момента рассматриваемых параметров (среднее, вариация, эксцесс и коэффициент Куртосиса) и относительные значения вариаций.

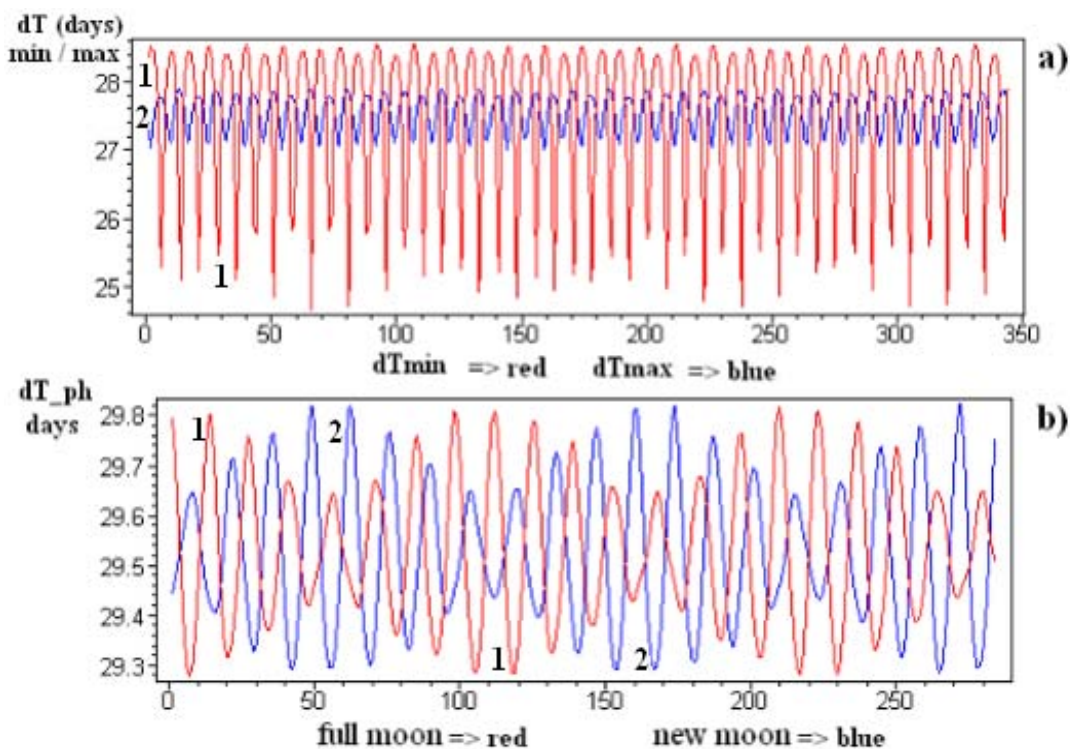


Рис. 1. (а) – последовательность периодов между R_{min} (1) и R_{max} (2) ;
(б) – последовательность периодов между фазами полнолуния (1) и новолуния (2).

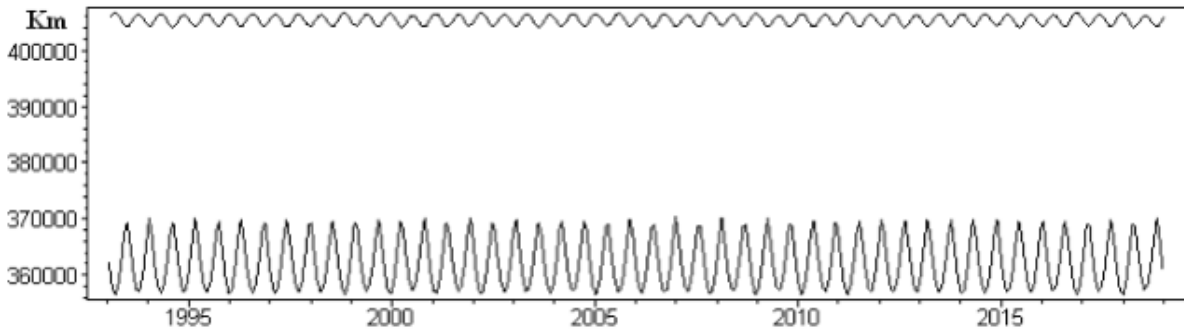


Рис. 2. Временная динамика расстояний Rmin и Rmax

	mean	$\sigma_{1/2}$	skewness	kurtosis	$\sigma_{1/2} / \text{mean} (\%)$
Rmin	362570.5	4508.87	0.268	1.64	1.24
Rmax	405408.2	816.74	-0.069	1.55	0.20
dT[Rmin]	27.5	1.12	-1.226	3.16	4.07
dT[Rmax]	27.5	0.27	-0.603	1.98	0.98
dTnew	29.5	0.144	0.161	1.98	0.49
d Tfool	29.5	0.141	0.151	2.02	0.48

Видно, что устойчивы характеристики периодов новолуния и полнолуния : отношение $\sigma_{1/2}$ к mean < 0.5 %. Несколько больший разброс (~ 0.98 %) у временных интервалов dTmax (=Tmax[i+1] – Tmax[i]) между моментами соседних Rmax. Наибольший разброс имеют значения минимальных расстояний до Луны и, особенно, соответствующие им временные периоды dTmin = Tmin[i+1] – Tmin[i] (соответственно 1.25 % и 4.0 %). Размытость параметров в ситуациях, когда ожидается наибольшее влияния Луны, может затруднить выделение периода ~27 дней при спектральной оценке исследуемых рядов.

Исходные данные

Анализируются значения *Dst* индекса и показания двух аппаратурных комплексов:

- Цифровая кварцевая магнито-вариационная станция серии «Кварц» для измерения относительных вариаций *H, D, Z* – компонент магнитного поля (разработка ИЗМИРАН). Разрешающая способность 0.1 нТл. со временем дискретизации 1 сек.

- Цифровой протонный магнитометр регистрирует полный модуль магнитного поля с разрешающей способностью 0.01 нТл. Измерения производятся в 3-х секундном режиме.

Ниже представлен обзор низкочастотной части спектров часовых данных *Dst* индекса (Рис. 3) и *H, D, Z* – компонент (Рис. 4) за 2015–2017 гг., по оси OX – обратные сутки. Основной лунный период ~27.3 дня наиболее четко проявился в показаниях *Dst* и *H* компоненте, период фаз Луны ~29.5 суток выделяется во всех исследуемых массивах. Показания протонного магнитометра *H_p* в нТл почти за двухлетний период с обзором дисперсии суточных интервалов этих данных представлен на Рис. 5. Зимние периоды характеризуются меньшей дисперсией, а растущий тренд отражает вековой ход поля.

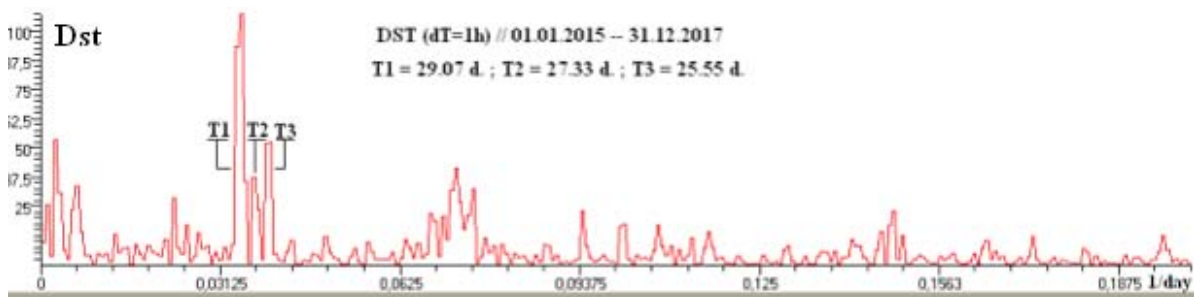


Рис. 3. Обзор спектра *Dst* индекса

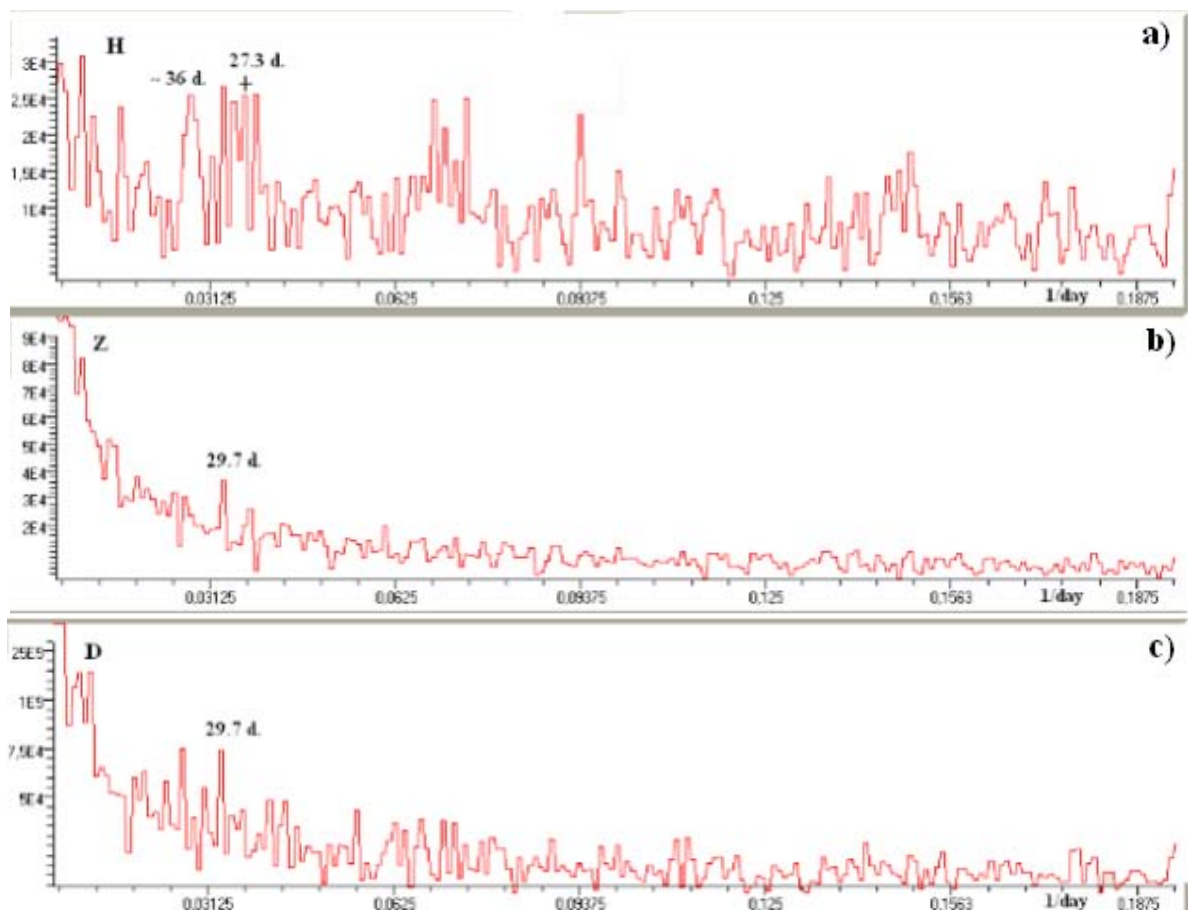


Рис. 4. Обзор спектров H , Z , D компонент – (a, b, c)

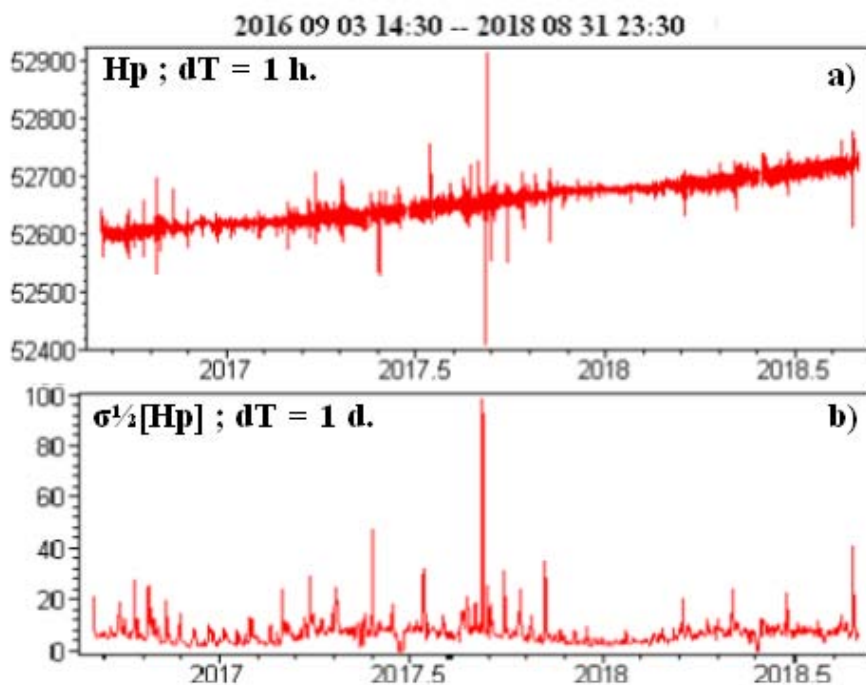


Рис. 5. Обзор часовых показаний протонного магнитометра (a) и дисперсии его суточных интервалов (b), ось OX – календарная дата

Анализ спектра показаний протонного магнитометра за рассматриваемый период не дал четкого выделения лунных гармоник, что можно связать с недостаточной длиной выборки для малой амплитуды отклика $d(\text{Hp})/\text{Hp} \sim 10^{-5}$ и, уже отмеченной, «размытостью» проявления

основного периода. Обратимся к оценке временной динамики вариаций этих показаний. Обзор $\sigma^{1/2}(t)$ суточных интервалов H_p , представленный на Рис. 5b, демонстрирует наличие четкой «импульсной» структуры. Проведем более детальное сравнение этой структуры с моментами наступления R_{min}/R_{max} и привлечем обзор $\sigma^{1/2}(t)$ суточных интервалов горизонтальной H компоненты, спектр которой содержит период в 27.3 дня и период фаз Луны (Рис. 4a). Такое сопоставление за 2017 г. демонстрирует Рис. 6, где видна хорошая согласованность характера вариаций H_p и H компоненты с некоторым отличием амплитудных значений. Моментам наступления R_{min} соответствует нижняя маркировка (пронумеруем их: $I(i)$, $1 \leq i \leq 13$), моментам R_{max} – верхняя маркировка с нумерацией $II(i)$, $1 \leq i \leq 13$. В большинстве случаев можно отметить совпадение «импульсных» всплесков с маркировкой R_{min}/R_{max} .

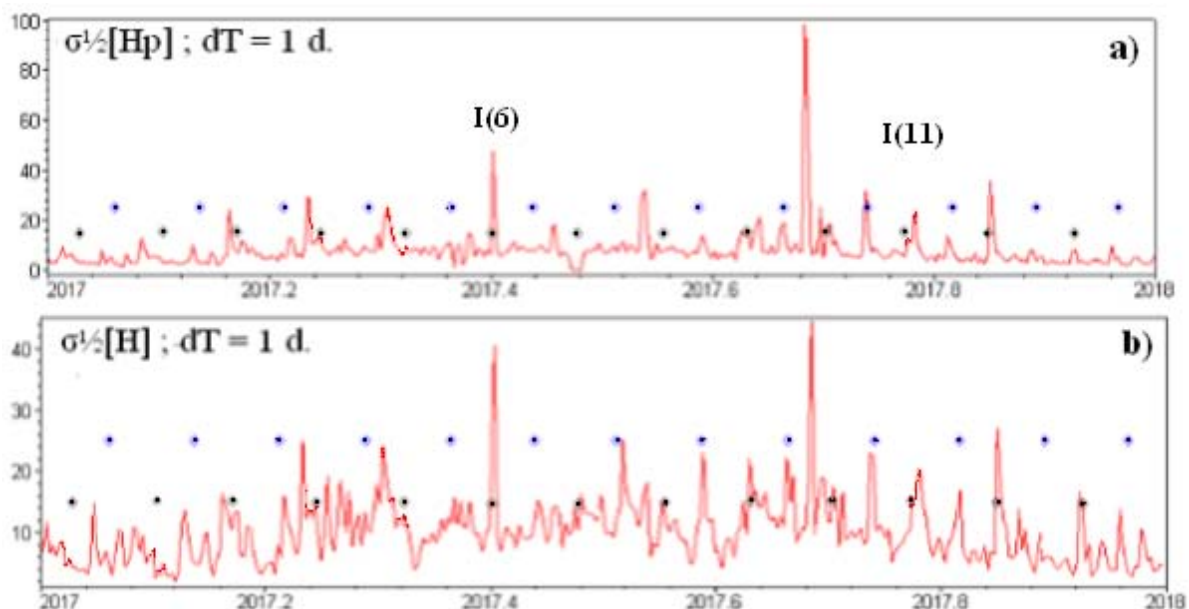


Рис. 6. Дисперсии ($\sigma^{1/2}$) суточных интервалов : показания H_p – (a), H компонента – (b). Точечной маркировкой отмечены моменты с R_{min} (нижний ряд) и R_{max} (верхний ряд).

В начале сентября 2017 г. возросла вспышечная активность Солнца и две вспышки, соответственно 4 и 6 сентября, оказались геоэффективными. На Рис. 6 эти события отражены самым значимым всплеском и его окрестностью. На второй по значимости всплеск наложилось событие $I(6)$, т.е. перигей 26 мая и новолуние 25 мая. Причем величина R_{min} достигла наименьшего (357209 км.) значения в этом году. Отметим событие $I(11)$, т.е. перигей 09 октября наступивший незадолго до смены знака $(-/+)$ межпланетного магнитного поля [5]. События разделились в рассматриваемом временном масштабе. Для событий $I(12)$, $I(13)$ сложилась подобная ситуация и, для надежности, необходим более подробный анализ.

Заключение

Для выделения лунных характеристик в магнитных измерениях на средних широтах проведен анализ данных с различной разрешающей способностью. Упор сделан на ситуации с минимальным расстоянием Земля-Луна. Из-за «размытости» характеристик основного периода использовались разные подходы. Отмечена эффективность отклика в момент «суперлуния».

Литература:

1. Tkalcic, H., Young M.K., Bodin T., Ngo S., and Sambridge M. The shuffling rotation of the Earth's inner core. Nature Geoscience, 2013, v. 6, 497–502.
2. Яновский, Б.М. Земной магнетизм – Л.: Ленгосуниверсситет, 1964, 445 с.
3. Флигель, Р, Бузингер Дж. (ред. Голицина Г. С) Введение в физику атмосферы –М: Мир, 1965, пер. англ. 467 с.
4. Крейг, Р. А. (ред. Кимото А. А.) Метеорология и физика верхней атмосферы: 1970, пер. англ. 506 с.
5. www.izmiran.ru/services/saf/archive/.