

УДК 523.985: 523.4–325

Индексы солнечной активности и расположение внутренних планет на орбитах

Л.А. Акимов, И.Л. Белкина

НИИ астрономии ХНУ им. В.Н. Каразина, ул. Сумская, 35, г. Харьков, Украина, 61022

Аннотация. Изучена зависимость числа вспышек в диапазоне мягкого рентгена и чисел Вольфа в 21–23 циклах солнечной активности от положения Меркурия, Венеры и Земли на орбитах. Выявлена статистически значимая асимметрия в распределении индексов от гелиографических долгот планет. Обсуждается предложенная ранее [1] гипотеза об электромагнитном механизме взаимодействия планеты с активной областью на Солнце.

SOLAR INDICES AND INNER PLANETS ORBITAL LOCATIONS, *by L.A. Akimov and I.L. Belkina*. The dependence of solar soft X-ray flares number and Wolf numbers during the cycles 21–23 from orbital locations of Mercury, Venus and Earth are studied. Statistically significant asymmetry of the solar indices distribution from planet heliographic longitude was found. The proposed hypothesis [1] about the electromagnetic mechanism of planet interaction with solar active region was discussed.

Ключевые слова: Солнце, 21–23 циклы, рентгеновские вспышки, числа Вольфа, Меркурий, Венера, Земля

1 Результаты спектрального анализа временного ряда числа рентгеновских вспышек и явления в Солнечной системе

В работах (Акимов и др., 2003, 2005) было изучено поведение временных рядов ежедневных индексов вспышечной активности Солнца в диапазоне мягкого рентгена – энергетического индекса XFI и числа рентгеновских вспышек N_x . В спектрах мощности (СМ) этих индексов были отмечены максимумы на периодах, близких к периодам обращения Меркурия и Венеры вокруг Солнца, и высказано предположение о возможном воздействии переменного электрического заряда планеты на вспышечную активность в рентгеновском диапазоне. В табл. 1 представлено сопоставление значений, обнаруженных в СМ N_x на интервале 1.01.1981 г. – 30.06.2004 г. периодов, амплитуда которых заметно превышает среднеквадратичную величину флуктуаций спектра, с явлениями в солнечной системе.

Как видно из таблицы, значениям периодов в Солнечной системе близко соответствуют, как правило, несколько пиков в наблюдаемом СМ. Это может быть связано с тем, что при спектральном разложении периоды Солнечной системы могут расщепляться при взаимодействии с 11-летним периодом и периодом, соответствующим длине выборки (23.5 года). К примеру, вместо периода обращения Венеры в СМ N_x присутствуют периоды 220 и 231 дней.

Таблица 1. Статистически значимые периоды в СМ Nx и их возможная интерпретация

| Наблюдаемые в СМ периоды | Периоды в солнечной системе | Примечания |
|--------------------------|-----------------------------|---|
| 27.24 | 27.24 | Период вращения Солнца относительно Земли |
| 28.32 | 28.32 | Период вращения Солнца относительно Венеры |
| 29 | | |
| 35.3; 35.75 | 35.7 | Средний период вращения Солнца относительно Меркурия |
| 53.29 | 54.5 | Двойной синодический период вращения Солнца |
| 61.29 | 61 | Разность частот вращения Солнца относительно Меркурия и обращения Меркурия вокруг Солнца |
| 86.67; 87.55; 89.38 | 87.97 | Период обращения Меркурия |
| 99.77 | 98.7 | Сложение частот двух оборотов Меркурия и оборота Венеры вокруг Солнца |
| 104.6; 111; 120 | 116 | Синодический период обращения Меркурия |
| 150.5; 153; 156 | 153 | Наиболее вероятный временной интервал между двумя последовательными соединениями Меркурия и Венеры. |
| 220; 232 | 224.7 | Период обращения Венеры |
| 252, 295 | | |
| 343; 373 | 365.26 | Период обращения Земли |

Остановимся более подробно на возможной интерпретации некоторых наблюдаемых в СМ Nx периодов. Период около 150 дней наблюдается в интегральных характеристиках солнечного магнитного поля, в последовательностях оптических вспышек и в различных геофизических процессах. В научных публикациях неоднократно обсуждался вопрос о его происхождении. Ригером и др. (Ригер и др., 1984) высказано предположение, что эта периодичность обусловлена периодичностью всплывания новых магнитных потоков. При этом согласно многочисленным исследованиям, значение периода изменяется в широких пределах, от 140 до 160 дней. К тому же этот период то появляется, то исчезает (например, Оливер, Баллестер (2002); Ричардсон, Кане (2005)). В рамках гипотезы о влиянии планет на возникновение вспышек эти особенности легко пояснить. Если существует совместное действие Меркурия и Венеры на солнечную активность, то эта акция с большой вероятностью имеет 153-дневный период. Хотя по среднему движению соединение планет происходит с периодом 144.6 суток, из-за особенностей орбиты Меркурия промежутки времени между последовательными соединениями меняются от 126 до 158 дней. Можно показать, что половина мощности спектра должна быть сконцентрирована вблизи 153 дней. По нашим данным период проявляется в заключительной фазе магнитного солнечного цикла, амплитуда этого периода была значительной на спаде 21 цикла (Акимов и др., 2005). Особенности орбиты Меркурия можно объяснить и слабую концентра-

цию мощности около 116-дневного периода соединения Меркурия с Землей. В этом случае промежутки времени между соседними соединениями разбросаны в интервале 105–130 суток. 2/3 из них сосредоточены в двух интервалах: 105–110 и 125–130 дней. Аналогично можно сказать и о ≈ 35 -дневном периоде вращения Солнца относительно Меркурия. Здесь промежуток времени между двумя соседними моментами появления планеты над определенной областью поверхности Солнца меняется от 32 до 39 дней. С учетом вышеизложенного с большой вероятностью можно предположить планетное происхождение большинства периодов, наблюдаемых в СМ Nx. Для получения дополнительных доводов в пользу этого предположения желательно использовать другие методы исследования.

2 Зависимость солнечных индексов от положения планет

Существует достаточно предпосылок для изучения зависимости солнечных индексов от положения планет на орбите. Так, Меркурий вращается в экваториальной плоскости Солнца, но орбита его сильно вытянута (эксцентриситет равен 0.206). Эксцентриситет орбиты Венеры мал, но наклон ее орбиты относительно экватора Солнца составляет 3.6° . Плоскость земной орбиты наклонена к плоскости солнечного экватора на 7.25° . Кроме того, Меркурий и Земля обладают магнитосферой, и ориентация диполя относительно солнечного экватора зависит от времени года для Земли и от времени суток на Меркурии, поскольку сутки на планете равны двум периодам обращения вокруг Солнца.

Для изучения зависимости солнечных индексов от положения планет на орбите мы использовали метод наложения эпох. В качестве исследуемых периодов мы выбрали периоды обращений 3-х внутренних планет Солнечной системы, а в качестве исследуемых индексов – число рентгеновских вспышек Nx и числа Вольфа. К недостаткам метода наложенных эпох можно отнести тот факт, что при изменении фазы процесса суммарная картина замывается.

На рис.1 представлена зависимость индексов Nx и W от дней положения Меркурия на орбите.

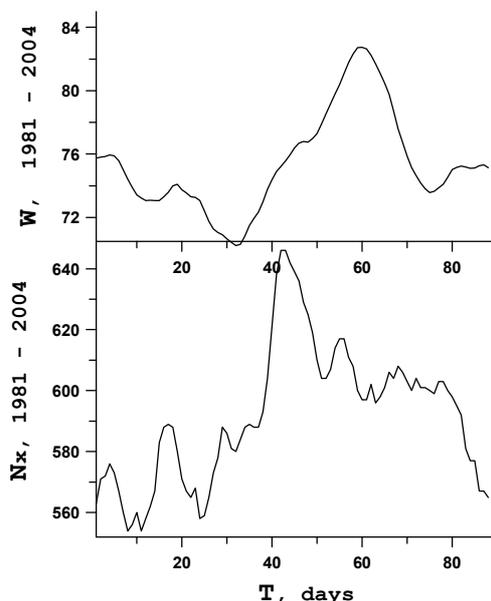


Рис. 1 Зависимость Nx и W от положения Меркурия на орбите

Отсчет дней ведется от момента прохождения Меркурия через перигелий, данные суммированы за 96 оборотов планеты вокруг Солнца для Nx, для чисел Вольфа на рис. 1 приведены ежедневные средние за 96 оборотов значения W.

Как видно (рис. 1), наблюдается уменьшение количества вспышек и значений W при прохождении Меркурием перигелия и в течение 25 дней после этого. В период, когда планета находится вблизи афелия своей орбиты, количество вспышек и W увеличиваются. Наиболее убедительное подтверждение реальности выявленного различия можно получить, если подсчитать количество вспышек за одинаковое количество дней при нахождении Меркурия вблизи перигелия и вблизи афелия своей орбиты. Так, за 27 дней, когда Меркурий находится вблизи перигелия, наблюдалась 15 461 вспышка, а за такой же период, но при нахождении планеты вблизи афелия, произошло 16 823 вспышки. Разница составляет 1 362 вспышки,

что более чем в 10 раз превышает квадратный корень из среднего количества вспышек. Легко показать, что различие между количеством вспышек, наблюдаемых во время нахождения Меркурия вблизи перигелия и афелия своей орбиты, не является случайной величиной с

вероятностью большей 0.999. Для W мы получили результат качественно похожий и формально значимый статистически, т. к. разность между минимальным и максимальным значениями почти в 4 раза превышает среднеквадратическое отклонение значений W от среднего значения.

На рис. 2 представлена аналогичная кривая для положения Венеры на орбите, данные суммированы за 36 оборотов Венеры. Отсчет дней ведется от момента прохождения планетой долготы восходящего узла орбиты. Необходимо отметить, что эта долгота близка к долготе перигелия Меркурия и к долготе восходящего узла солнечного экватора.

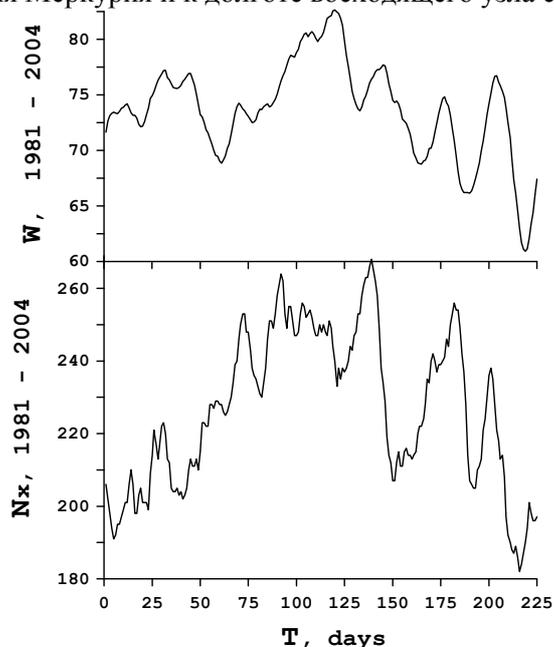


Рис. 2. Зависимость N_x и W от положения Венеры на орбите

Как показывает рис. 2, минимальные количества рентгеновских вспышек и значений W наблюдаются, когда Венера пересекает плоскость солнечного экватора, направляясь в южные широты, а максимальные, когда планета пересекает плоскость экватора, направляясь в северные широты. Эти точки соответствуют долготам перигелия и афелия орбиты Меркурия. Подсчет количества вспышек, которые наблюдались за 50 дней вблизи моментов прохождений Венерой восходящего и нисходящего узлов своей орбиты дает значения 10 028 и 12 408 соответственно. Разница между этими значениями составляет 2 380 вспышек и более чем в 20 раз превышает квадратный корень из среднего количества вспышек. Т. о., и для Венеры неоднородности в распределении числа вспышек относительно расположения планеты на орбите являются статистически

значимыми. Для индекса W статистическая значимость результата также подтверждается.

На рис. 3 нанесена кривая зависимости числа рентгеновских вспышек и чисел Вольфа от положения Земли на орбите за 23 года. Отсчет ведется с 1 января, по оси абсцисс отложены месяцы. Начало отсчета отстоит на 26 дней от восходящего узла солнечного экватора в большую сторону. Штриховой линией на рис. 3 приведена также кривая, полученная усреднением данных скользящим окном в 27 дней. Видно, что для Земли (см. рис. 3) вспышечная активность больше в осенние месяцы (октябрь-ноябрь), а также в январе-марте. Активность меньше в июле-сентябре. Реальность полученных выводов подтверждается подсчетом количества вспышек по сезонам: за 150 дней осенне-зимнего периода (с ноября по март) наблюдалось 22 003 вспышки, а за такой же период в мае-сентябре – 20 631 вспышка. В этом случае разница между количеством вспышек в разные сезоны составляет 1 372 вспышки, что в 9 раз превышает квадратный корень из среднего количества вспышек. Представленная на рис. 3 кривая зависимости W от положения Земли на орбите показывает статистически значимые ≈ 27 -дневные колебания, связанные с вращением Солнца, сезонной же зависимости этого индекса не обнаружено.

С точки зрения возможного влияния переменного электрического поля Меркурия на солнечную активность, имеет смысл изучить зависимость индексов от времени меркурианских суток, поскольку Меркурий обладает магнитосферой, хотя и значительно меньшей, чем у Земли. Сутки на планете равны двум ее годам, т. е. 176 дням. На рис. 4 представлена эта зависимость. Можно заметить, что существует некоторая асимметрия положения максимума относительно моментов прохождения афелия. Возможно, что это связано с ориентацией магнитного диполя планеты. За 2 обращения Меркурия Солнце совершает 7 оборотов относительно звезд и

5 оборотов относительно планеты. Это соотношение стабильно. Показательно, что на рис. 4 по обоим индексам хорошо выделяются 5 максимумов, соответствующих 5 оборотам Солнца относительно планеты за 176 дней, что лишний раз говорит в пользу их меркурианского происхождения.

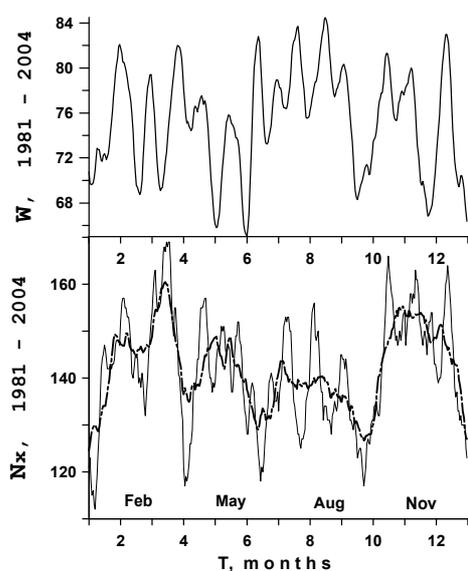


Рис. 3. Зависимость N_x и W от положения Земли на орбите

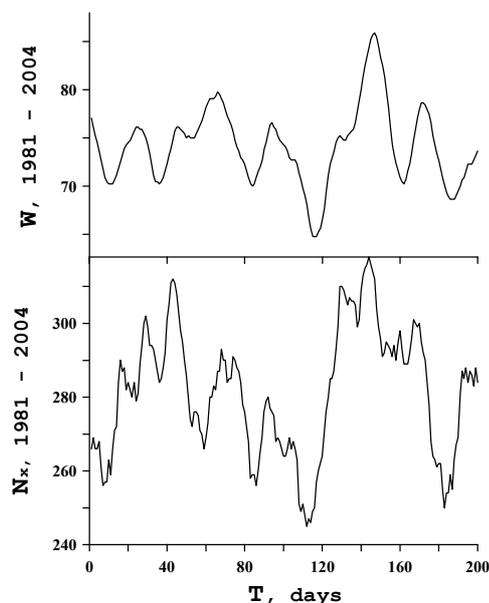


Рис. 4. Зависимость N_x и W от времени меркурианских суток

3 Обсуждение

Проведенное методом наложения эпох исследование показало, что на временном интервале 1.01.1981 г. – 30.06.2004 г. существуют статистически значимые неоднородности в распределении индексов N_x и W от гелиографической долготы Меркурия и Венеры. Обнаружены также вариации количества рентгеновских вспышек в зависимости от земных сезонов. Числа Вольфа сезонной зависимости не показали.

Существование неоднородностей в распределении числа оптических вспышек в зависимости от земных сезонов отмечали ранее другие авторы (Козелов и Мингалева, 1975). Выявленный нами характер распределения неоднородностей рентгеновских вспышек от положения Меркурия на орбите оказался неожиданным. Действительно, если существует какой-то физический механизм, способствующий усилению солнечной активности, то представляется естественным, что максимальным это воздействие будет в перигелии. Оказалось, однако, что для Меркурия, в среднем, наблюдается увеличение количества вспышек, когда планета находится вблизи афелия. Для объяснения такого феномена можно разрабатывать следующие пути: 1 – планета подавляет активность или освобождает накопленную энергию в более слабых нестационарных процессах; 2 – на больших расстояниях улучшается связь планеты с активными областями на Солнце. Второй механизм вероятен, если для связи используются каналы – открытые магнитные поля, соединяющие активную область с планетой, а воздействие связано с избыточным электрическим зарядом планеты. Избыточный электрический заряд планеты может образоваться при солнечных вспышках, выбрасывающих с небольшим превышением час-

тицы одного знака (Акимов и др., 2003). Если электрическая связь между планетой и активной областью существует, то при наличии магнитного поля эта связь максимальна, когда силовые линии от активной области проходят через планету. Когда Меркурий расположен близко к Солнцу, то вероятность встретить силовые линии, проходящие через активную область, уменьшается из-за специфики широтного распределения активных областей. Косвенно об этом может свидетельствовать тот факт, что в период минимума 21 цикла, когда пятна находились на низких широтах, количество вспышек при положении планеты вблизи афелия почти втрое превышало количество вблизи перигелия (Акимов и др., 2005).

Воздействие Венеры и Земли может зависеть от положения линии нулевого магнитного поля, по соседству с которой расположены линии открытой конфигурации. Известно, что активность Солнца в разные циклы различна для северного и южного полушария. Если преобладают поля северного полушария, то нулевая линия смещается на юг, если южного – то на север. В результате, воздействие будет меняться от положения планеты на орбите. Воздействие Меркурия может быть максимальным, если нулевая линия проходит вблизи экваториальной плоскости Солнца, максимальное воздействие Венеры и Земли может иметь место в более широких пределах расположения нулевой линии магнитного поля и определяться конкретным строением магнитного поля активных областей. Кроме того, Земля обладает обширной магнитосферой с осью диполя, наклоненной к плоскости эклиптики, и картина сложения магнитных полей солнечного ветра с магнитным полем Земли меняется со временем года. Наши исследования показали, что максимальная амплитуда асимметрии распределения вспышек наблюдалась в 1984–1986 годах, вблизи минимума нечетного 21 цикла (Акимов и др., 2005). Возможно, что в начальный период развития 22-летнего магнитного цикла Солнце слабо реагирует на положение планет, и лишь в конце эта связь устанавливается и стабилизируется.

В заключение подчеркнем, – мы далеки от представления, что воздействие планет является источником солнечной активности. Но в отдельные периоды времени для активных областей, расположенных в определенном месте на Солнце и имеющих определенную конфигурацию магнитного поля, планеты могут облегчать (или затруднять) процессы разрядки накопленной энергии, что приводит к увеличению (или уменьшению) количества вспышек в этих областях. Наиболее благоприятные условия для этого реализуются на спаде 22-летнего магнитного цикла. Возможно, таким способом планеты корректируют и стабилизируют общую продолжительность 22-летнего цикла. Следует заметить, что пространственная конфигурация расположения Меркурия и Венеры повторяется через 2 024 дня. Продолжительность двух таких периодов составляет 11.08 года.

Литература

- Акимов Л.А., Белкина И.Л., Бушуева Т.П. // Кинем. и физ. неб. тел. 2003. Т. 19. № 1. С. 3.
Акимов Л.А., Белкина И.Л., Бушуева Т.П. // Кинем. и физ. неб. тел. 2005. Т. 21. № 4. С. 267.
Козелов В. П., Мингалева Г.И. // Суббури и возмущения в магнитосфере. Ленинград. Наука: 1975. С. 264.
Оливер, Баллестер (Oliver, R.; Ballester, J.L.) // Proceedings of the Second Solar Cycle and Space Weather, Euroconference. 2002. ESA Publications Division. ISBN 92-9092-749-6. P. 155.
Ригер и др. (Rieger E., Share G.H., Forrest D. et al) // Nature. 1984. V. 312. С. 5995. P. 623.
Ричардсон, Кане (Richardson, I.G.; Cane, H.V.) // GeoRL. 2005. V. 32. Issue 2. CiteID L02104.