

Глобальные числа Вольфа

И. Ф. Никулин

*Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга. Россия, 119991, Москва, Университетский просп., д. 13.
E-mail: ifn@sai.msu.ru*

Статья поступила 20.03.2012, подписана в печать 08.06.2012.

Для более полной характеристики солнечной активности предлагается начать новый ряд чисел Вольфа — глобальный (W_G), который бы учитывал все пятна на Солнце, включая и пятна на стороне, невидимой с Земли. Рассмотрена оптимальная конфигурация космических аппаратов для этой цели.

Ключевые слова: солнечная активность, числа Вольфа.

УДК: 523.98. PACS: 96.60.qd.

Введение

Изучение солнечной активности и ее влияния на земные процессы становится все более важной частью современной науки прежде всего из-за распространения научно-технической инфраструктуры в околосолнечное космическое пространство и выяснения огромной роли взрывных процессов на Солнце для нормального функционирования космической техники и безопасности космонавтов. При этом используются разнообразные индексы, характеризующие события на Солнце и их последствия. Эти индексы отражают как интенсивность излучения в различных частотных диапазонах для определенных моментов времени, так и различные количественные характеристики проявлений активности (координаты, площади, напряженности магнитных полей, яркости и т. д.).

Самым распространенным и наиболее продолжительным индексом солнечной активности является число Вольфа W — числовой показатель количества пятен на Солнце, которым прежде всего характеризуется цикл солнечной активности. С ним сравниваются и другие индексы активности. Оно было введено сотрудником (впоследствии многолетним директором) Цюрихской обсерватории Рудольфом Вольфом в 1848 г. и определяется по формуле

$$W = k(f + 10g),$$

где f — количество наблюдаемых на диске Солнца пятен, g — количество наблюдаемых при этом групп пятен, k — нормировочный коэффициент, зависящий от конкретного телескопа, наблюдателя и средних условий наблюдений (качества изображения) [1, 2].

Важность регистрации пятен и динамики их развития следует прежде всего из их энергетических характеристик. Наличие в объеме пятен магнитных полей килогауссового диапазона делает их главным источником энергии для волновых и корпуксуллярных компонент солнечных вспышек (10^{30} – 10^{32} эрг), которые определяют космическую погоду и весьма существенно сказываются на состоянии земной магнитосферы, атмосферы и биосферы.

Существует признанный международным научным сообществом ряд чисел Вольфа с 1749 г. и даже для более ранних дат, восстановленный по косвенным и исто-

рическим данным [2]. Естественно, что при обращении ко все более далеким от телескопических наблюдений временам надежность ряда чисел Вольфа падает, однако обнаружение многочисленных корреляций солнечной активности с разнообразными событиями на Земле дает стимул и основания для ее исследования во все более древние эпохи. К сожалению, число Вольфа методически не самая объективная характеристика солнечной активности. Например, группа из двух крупных пятен, по сути, будет приравнена к одному малому пятну — поре (12 и 11), так как и то и другое считается группой пятен. Но на больших временных промежутках эта неравномерность сглаживается, а сам ряд имеет максимальную длительность и простоту определения по сравнению с такими индексами, как, например, площадь пятен или магнитный поток, которые считаются более физически обоснованными.

В таком ряду чисел Вольфа для каждого дня можно легко заметить скачкообразные изменения, связанные с периодом вращения Солнца, так как группы пятен то появляются на восточном крае диска, то исчезают на западном, при этом на самом деле оставаясь на Солнце. Такие скачки нарушают однородность ряда чисел Вольфа и затрудняют наблюдение динамики развития активных областей. Возможны и более редкие случаи полного отсутствия регистрации, если время жизни группы пятен, появившейся на обратной стороне Солнца, меньше времени до момента ее появления на видимой стороне.

Поэтому наряду с используемым необходимо начать новый ряд чисел Вольфа — глобальный (W_G), который бы учитывал все пятна на Солнце, включая пятна, невидимые в данный момент с Земли. Это было бы очень полезно для более полной характеристики солнечной активности и решения таких задач, как контроль развития текущего солнечного цикла, появление и развития активных долгот, устранение резких скачков в ходе ежедневных чисел Вольфа и повышение однородности ряда, динамика крупных вспышечных комплексов и выбросов, определение трехмерного направления выбросов. Направление выброса особенно важно для прогноза геомагнитных возмущений, так как хотя в среднем вспышечные выбросы направлены нормально к поверхности Солнца, структура магнитных

полей в данной активной области и короне над ней может существенно изменить основное направление выброса. Частично эти задачи уже решаются посредством комплекса STEREO [3], но, к сожалению, подсчитать с его помощью число Вольфа затруднительно. Ранее в [4] предлагалось для непрерывного наблюдения за вспышками использовать гелиостационарную систему космических аппаратов, что для нашего случая, по-видимому, излишне уже хотя бы из-за огромных технических трудностей выведения приборов на гелиостационарную орбиту (~ 0.168 астрономической единицы или ~ 36.2 солнечных радиусов) и обеспечения их работы в высокотемпературных условиях. Аналогично, для глобальных чисел Вольфа не требуется выходить из плоскости эклиптики, как предусмотрено в некоторых проектах КА, потому что пятна не появляются на широтах больше 45° .

Следует подчеркнуть, что ряд глобальных чисел предлагается не взамен обычных чисел Вольфа, а как отдельный новый индекс, цели и отличия которого указаны выше. Безусловно, с развитием космической техники ряд глобальных чисел Вольфа будет широко использоваться как более полный и однородный, поэтому начать его желательно как можно скорее.

Таким образом, задача непрерывного наблюдения за всем Солнцем назрела и ее техническое решение для наблюдения солнечной короны и межпланетного пространства уже осуществляется комплексом аппаратов проекта STEREO. Для полного охвата поверхности Солнца и уменьшения ошибок определения числа Вольфа, по-видимому, кроме наземных наблюдений необходимо два космических аппарата (КА1 и КА2, рис. 1), расположенных на орбите Земли под углом 120° к лучу зрения земного наблюдателя слева и справа (к востоку и западу). Это приблизительно соответствует нынешнему положению космической системы STEREO, и при наличии наблюдений в «белом» свете уже сейчас можно было бы начать ряд глобальных чисел Вольфа. При таком расположении телескопов для каждого из них можно будет исключить околосолнечную зону шириной приблизительно в $\sim 30^\circ$ (заштрихованная зона на рис. 2), которая перекрывается полем зрения двух других телескопов, особенно в низких широтах, где в основном и появляются солнечные пятна. Это должно повысить надежность определения чисел Вольфа у лимба, падающую из-за влияния перспективного сокращения, эффекта Вильсона [5], наклона оси пятен к радиальному направлению и пр. Кроме того, наличие существенной зоны перекрытия поля зрения телескопов позволит привести их к единой системе (нормировочный коэффициент k в формуле для чисел Вольфа).

Задача облегчается тем, что оптика для наблюдения пятен с орбиты не обязана быть крупногабаритной, достаточно апертуры порядка 5 см при светосиле, например, 1:5–1:7. Такая апертура приблизительно соответствует дифракционному разрешению 2 угловые секунды, что близко к характерному размеру наименьших пятен — пор.

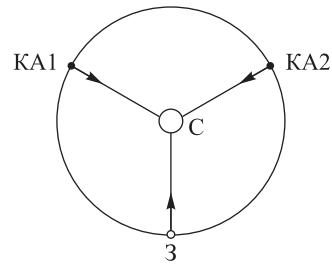


Рис. 1. Расположение космических аппаратов KA1 и KA2 относительно Земли (3)

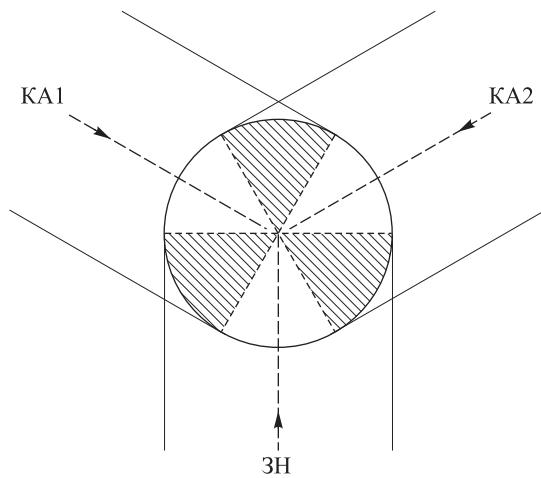


Рис. 2. Перекрытие зон наблюдения Солнца космическими аппаратами (KA1, KA2) и наземными наблюдениями (ЗН)

Заключение

Для более точного отслеживания солнечной активности и повышения однородности ряда чисел Вольфа предлагается начать регистрацию солнечных петен на всем Солнце, в том числе и на его невидимой с Земли стороне. Выполнение этой задачи потребует наблюдений в «белом» свете с двух КА и с Земли подобно ныне работающему комплексу STEREO, который в основном регистрирует выбросы корональной массы во вспышечных процессах.

Автор выражает благодарность профессору Б. В. Сомову за ценные обсуждения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 11-02-00843а).

Список литературы

- Брей Р., Лоухед Р. Солнечные пятна. М., 1967.
- Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л., 1973.
- Kaiser M.L. // Adv. in Space Research. 2005. **36**. P. 1483.
- Контор Н.Н., Сомов Б.В. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1998. № 6. С. 43.
- Wilson P.R. // Solar Phys. 1968. **5**. P. 338.

Global Wolf numbers**I. F. Nikulin**

*P. K. Sternberg State Institute of Astronomy, Moscow State University, Moscow 119991, Russia.
E-mail: ifn@sai.msu.ru.*

For a more complete characteristic of solar activity it is proposed to begin a new sequence of Wolf numbers, a global sequence (W_G), which would take into account all sunspots including also the spots on the part invisible from the Earth. The optimum configuration of spacecraft for this purpose is considered.

Keywords: solar activity, Wolf number.

PACS: 96.60.qd.

Received 20 March 2012.

English version: *Moscow University Physics Bulletin* 5(2012).

Сведения об авторе

Никулин Игорь Федорович — канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник; тел.: (495) 939-19-73, e-mail: ifn@sai.msu.ru.