

А.П. Крамынин, Г.П. Воробьева

СРАВНЕНИЕ РЯДОВ ПЛОЩАДЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ФАКЕЛОВ УАФО И ГАС ГАО

зарегистрировано ни одного сбоя сопровождения. Из этого факта не следует делать однозначного вывода об устойчивости GPS-приёмников с кодовыми измерениями к воздействию магнитных бурь. В статье [3] показано увеличение сбоев в работе судового GPS-приёмника SPR-1400 во время сравнительно слабой магнитной бури.

В заключении, подводя итоги проделанному анализу, надо отметить следующее.

1. Магнитная буря 29-31 октября 2003 года не изменила характера суточного хода абсолютных погрешностей координат судового приёмника GPS-128. Отмечены только увеличения амплитуд абсолютных отклонений.

2. Из плановых координат наиболее чувствительной к воздействию геомагнитных возмущений оказалась широта. Она сместилась на 11 м к северу, в то время как долгота дрейфовала к западу почти на 6 м. СКП широты в магнитную бурю становилась на 1 м больше по сравнению с магнитоспокойными сутками. СКП долготы практически не изменялась.

3. Наибольшее воздействие магнитная буря оказала на повышение антенны над геоидом.

4. Судовой одночастотный приёмник GPS-128 не имел сбоев в работе с 28 октября по 1 ноября 2003 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Афраймович Э.Л., Первалова Н.П.* GPS-мониторинг верхней атмосферы Земли. – Иркутск: ГУ НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН, 2006. – 480 с.

2. *Демьянов В.В., Афраймович Э.Л., Кондакова Т.Н.* Ухудшение качества функционирования навигационной системы GPS в условиях геомагнитной возмущённости // Солнечно-земная физика. Вып. 3, 2003. С. 86 – 94.

3. *Комаровский Ю.А.* Оценка погрешностей определения координат судовым GPS-приёмником SPR-1400 во время магнитной бури 15 декабря 2006 года // Солнечная активность и её влияние на Землю. Труды УАФО; т. 11, вып. 11. – Владивосток: Дальнаука, 2008. С. 52 – 72.

Наблюдения Солнца в УАФО ведутся с 1954 года. За этот период накоплен достаточно обширный ряд данных по индексам солнечной активности: числам Вольфа, площадям пятен, факелов и т.д. Но, по не зависящим от наблюдателей причинам (погодным, техническим), полученные ряды данных являются не полными, что затрудняет их использование для дальнейшего анализа. Для пополнения рядов солнечных данных, полученных в УАФО, можно попробовать воспользоваться наблюдательными данными какой-либо другой обсерватории, регистрирующей такие же индексы солнечной активности. В этом случае необходимо проанализировать переход от одной системы рядов наблюдений к другой.

Настоящая статья посвящена анализу рядов площадей солнечных факелов, полученных в Уссурийской астрофизической обсерватории и Кисловодской горной астрономической станции ГАО. Ранее проводились сравнения разных индексов солнечной активности, в частности площадей групп пятен Пулковской и Гринвичской обсерваторий [1], потока радиоизлучения на частоте 2,80 ГГц получаемого в УАФО, с данными мировой сети [4], чисел Вольфа по данным УАФО с числами Вольфа по данным журнала SGD [2]. В нашем случае необходимо ответить на вопросы: 1) каково соотношение площадей солнечных факелов, полученных в УАФО и ГАС ГАО и 2) насколько оно постоянно, т.е. насколько устойчивы системы площадей факелов.

Для анализа использовались ежедневные значения суммарной площади фотосферных факелов для всего диска Солнца в целом. Рассматривались ряды наблюдений площадей фотосферных факелов Уссурийской астрофизической обсерватории и Горной астрономической станции ГАО за период 1955–1982, 1990–1992, 1994–2007. Регулярные наблюдения фотосферы Солнца по программе Службы

Солнца велись по единой методике с использованием фотосферно-хромосферного телескопа АФР в Уссурийской астрофизической обсерватории до июля 2002 года. Начиная с июля 2002 года, ежедневная съемка фотогелиограмм на пластинки FU-5 была заменена съемкой изображения Солнца на цифровую камеру С-3000 фирмы «Olympus», установленную на телескопе – рефракторе системы Кудэ фирмы Карл – Цейс. Ежедневные значения площадей факелов Горной астрономической станции ГАО брались с сайта ГАО (Пулково)[6]. В работе [3] была проведена проверка сходимости внутри ряда наблюдаемых площадей факелов получаемых в УАФО. Благодаря особенностям наблюдений фотосферных факелов (они имеют максимум контраста на лимбе Солнца и не видны в центре диска) мы получаем 2 независимые реализации. Это суммарная площадь факелов на восточном лимбе и её повторение на западном. Полученные максимальные коэффициенты корреляции между этими рядами больше 0,8.

В работе использовались ежегодные ряды значений площадей факелов УАФО и ГАС ГАО. Для каждого года вычислялся коэффициент корреляции R . Результаты приведены в табл. 1, где также представлены среднегодовые значения площадей солнечных факелов S как для УАФО, так и ГАС ГАО. Кроме этого, в табл. 1 приведены для каждого года количество сравниваемых дней N (столбец 2) и отношения данных по площадям факелов: $S_{УАФО}/S_{ГАО}$. Кроме коэффициента корреляции R вычислялись коэффициенты регрессии C и k для зависимости

$$S_{УАФО} = k \times S_{ГАО} + C,$$

а также их ошибки. Результаты представлены в табл.2. На рис.1 изображены кривые изменения среднегодовых значений площадей факелов по данным ГАС ГАО – сплошная линия и УАФО – пунктирная соответственно. В годы максимумов солнечной активности (1957, 1967, 1978, 2002 г.) среднегодовые площади факелов значительно выше аналогичных величин в годы минимумов (1960, 1973, 1994, 2007 г.). На рис. 2 представлена диаграмма разброса среднегодовых значений площадей факелов по данным УАФО и ГАС ГАО. Видно, что данные обнаруживают хорошее согласие

друг с другом, исключая область максимальных значений площадей факелов.

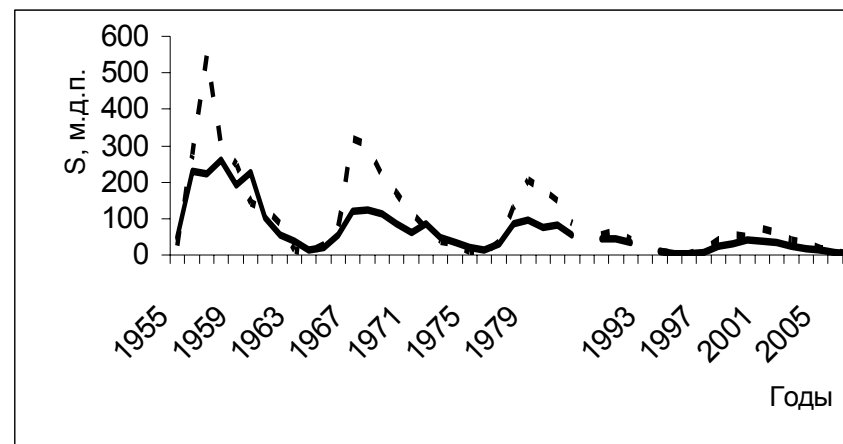


Рис. 1. Среднегодовые значения площадей солнечных факелов. Прерывистая кривая показывает изменение среднегодовой площади факелов по измерениям УАФО, сплошная – по измерениям ГАС ГАО

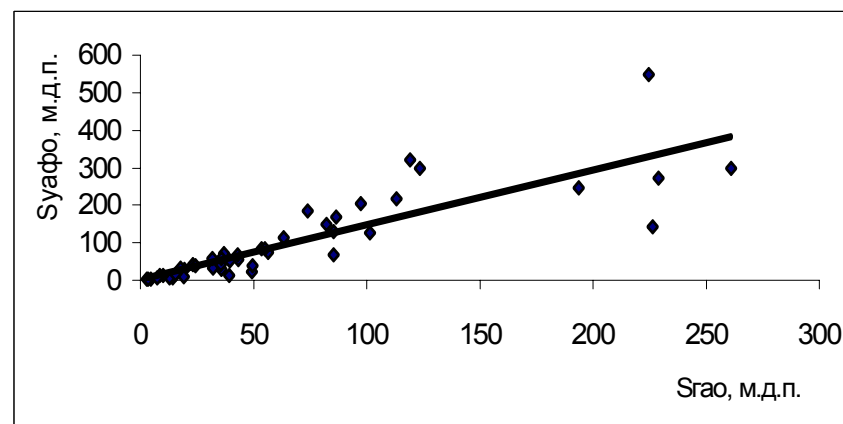


Рис. 2. Средние за год площади факелов по данным УАФО и ГАС ГАО

Таблица 1

Год	N	S _{ГАО}	S _{УДФО}	R	S _{УДФО} /S _{ГАО}	σ	Δ
1955	235	49,41	22,47	0,90	0,45	0,066	22,41
1956	221	228,82	272,96	0,43	1,19	0,068	6,79
1957	260	224,55	547,95	0,36	2,44	0,062	6,04
1958	264	260,96	298,3	0,21	1,14	0,062	3,44
1959	236	193,63	247,94	0,44	1,28	0,066	7,21
1960	269	226,3	143,82	0,19	0,64	0,061	3,14
1961	265	101,571	125,21	0,29	1,23	0,062	4,82
1962	253	53,49	85,53	0,57	1,61	0,063	10,24
1963	247	39,16	14,25	0,30	0,36	0,064	4,84
1964	245	14,3	5,42	0,67	0,38	0,064	12,61
1965	238	19,49	28,5	0,52	1,46	0,065	8,84
1966	220	56,53	75,26	0,45	1,33	0,068	7,14
1967	262	119,3	320,51	0,01	2,69	0,062	0,16
1968	263	123,5	297,91	0,23	2,41	0,062	3,78
1969	278	113,25	218,63	0,38	1,93	0,06	6,63
1970	287	86,62	169,2	0,18	1,95	0,059	3,07
1971	276	63,32	113,61	0,34	1,79	0,06	5,85
1972	288	85,34	67,54	0,26	0,79	0,059	4,5
1973	284	49,5	38,64	0,25	0,78	0,06	4,28
1974	268	35,7	29,26	0,40	0,82	0,061	6,9
1975	269	19,15	10,53	0,60	0,55	0,061	11,31
1976	251	12,95	7,22	0,48	0,56	0,064	8,24
1977	280	31,98	32,92	0,46	1,02	0,06	8,27
1978	267	85,31	129,05	0,38	1,51	0,062	6,51
1979	260	97,49	204,53	0,23	2,09	0,062	3,75
1980	260	73,83	183,31	0,04	2,48	0,062	0,64
1981	261	82,24	149,07	0,25	1,81	0,062	4,1
1982	276	54,94	85,39	0,42	1,55	0,06	7,4
1990	246	43,35	55,93	0,41	1,29	0,064	6,8
1991	240	42,89	68,23	0,31	1,59	0,065	4,93
1992	217	35,44	41,3	0,58	1,16	0,068	9,69

1993							
1994	233	9,99	11,73	0,45	1,17	0,066	7,36
1995	199	4,54	4,84	0,54	1,07	0,071	8,46
1996	231	2,79	2,23	0,32	0,81	0,066	5,01
1997	224	8,47	11,44	0,37	1,35	0,067	5,77
1998	233	23,23	42,3	0,38	1,82	0,066	6,07
1999	247	31,69	59,52	0,37	1,88	0,064	6,07
2000	226	39,64	52,51	0,24	1,32	0,067	3,65
2001	256	36,98	71,85	0,20	1,94	0,063	3,22
2002	215	35,92	59,22	0,24	1,65	0,069	3,56
2003	246	24,35	39,76	0,24	1,63	0,064	3,56
2004	262	17,79	31,21	0,42	1,75	0,062	7,21
2005	250	15,36	16,89	0,25	1,11	0,064	4,02
2006	243	7,34	7,62	0,15	1,04	0,064	2,34
2007	216	3,44	4,24	0,54	1,23	0,068	8,82

Таблица 2

Год	R	R-квадрат	C	ошибка C	K	ошибка K
1955	0,90	0,82	11,40	1,60	1,71	0,05
1956	0,43	0,18	171,14	9,81	0,21	0,03
1957	0,36	0,13	126,17	16,11	0,17	0,03
1958	0,21	0,04	218,77	11,79	0,13	0,04
1959	0,44	0,19	112,73	11,62	0,32	0,04
1960	0,19	0,04	169,69	20,34	0,40	0,13
1961	0,29	0,08	69,96	8,59	0,28	0,06
1962	0,57	0,32	31,33	3,53	0,30	0,03
1963	0,30	0,09	28,03	2,96	0,78	0,16
1964	0,67	0,46	6,18	0,92	1,58	0,11
1965	0,52	0,27	10,31	1,52	0,35	0,04
1966	0,45	0,21	33,91	3,59	0,29	0,04
1967	0,01	0,00	118,98	8,77	0,00	0,02
1968	0,23	0,05	89,99	10,32	0,13	0,03
1969	0,38	0,14	61,56	8,53	0,24	0,03

Таблица 2 (продолжение)

Год	R	R-квадрат	C	ошибка C	K	ошибка K
1970	0,18	0,03	60,80	8,40	0,15	0,05
1971	0,34	0,12	46,57	3,82	0,16	0,03
1972	0,26	0,07	67,04	5,07	0,28	0,06
1973	0,25	0,06	34,22	4,70	0,39	0,09
1974	0,40	0,16	19,38	2,59	0,44	0,06
1975	0,60	0,35	11,39	1,15	0,65	0,05
1976	0,48	0,23	8,10	0,94	0,59	0,07
1977	0,46	0,22	20,99	1,92	0,35	0,04
1978	0,38	0,14	49,37	6,12	0,28	0,04
1979	0,23	0,06	70,05	8,01	0,14	0,04
1980	0,04	0,00	69,84	5,89	0,02	0,03
1981	0,25	0,06	45,62	9,54	0,25	0,06
1982	0,42	0,18	27,77	3,91	0,31	0,04
1990	0,41	0,17	19,64	3,74	0,41	0,06
1991	0,31	0,10	25,36	3,74	0,25	0,05
1992	0,58	0,34	17,45	2,47	0,49	0,05
1993						
1994	0,45	0,20	6,48	0,94	0,40	0,05
1995	0,54	0,29	2,04	0,46	0,38	0,04
1996	0,32	0,11	1,65	0,45	0,41	0,08
1997	0,37	0,14	4,13	1,24	0,40	0,07
1998	0,38	0,14	13,01	1,94	0,22	0,04
1999	0,37	0,14	17,84	2,62	0,23	0,04
2000	0,24	0,06	28,51	3,87	0,21	0,06
2001	0,20	0,04	28,38	3,46	0,13	0,04
2002	0,24	0,06	22,09	3,98	0,21	0,06
2003	0,24	0,06	14,81	3,03	0,25	0,06
2004	0,42	0,18	6,60	1,91	0,36	0,05
2005	0,25	0,06	9,54	1,81	0,34	0,08
2006	0,15	0,02	5,59	1,00	0,20	0,09
2007	0,54	0,29	1,09	0,56	0,66	0,07

На рис.3 линией с точками представлено изменение коэффициента корреляции R между ежегодными рядами значений площа-

дей факелов, полученных в УАФО и ГАС ГАО. Сплошная линия – скользящее среднее по трём точкам. Видно как коэффициент корреляции претерпевает значительные колебания от почти нулевого (0.01) до 0.90. Причем, в годы минимумов солнечной активности коэффициент корреляции больше, чем в годы максимумов.

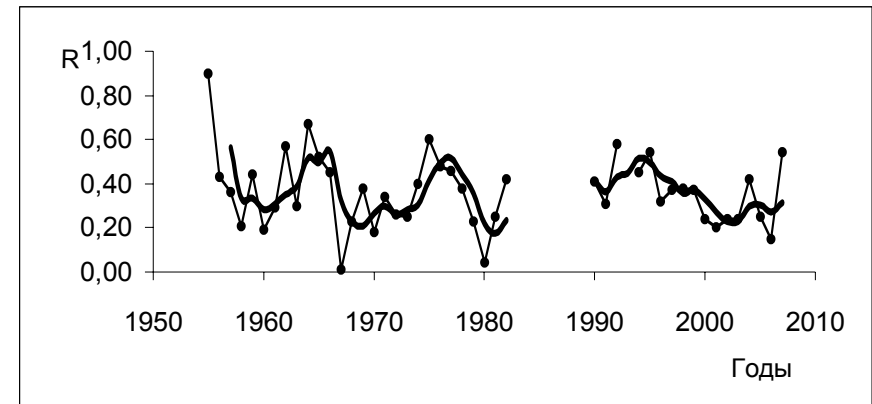


Рис. 3. Изменение коэффициента корреляции между годовыми рядами площадей факелов УАФО и ГАС ГАО

Коэффициенты корреляции между ежегодными измерениями площадей факелов УАФО и ГАС ГАО представлены в табл. 1 (5-ый столбец). С помощью критерия Фишера [2] можно определить вероятность появления значения R из некоррелированной совокупности. Для этого предположим, что истинное значение коэффициента корреляции $r = 0$. Далее вычислим следующие величины:

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+R}{1-R}, \quad Z1 = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} = 0 \text{ (по определению),}$$

$$\Delta = \frac{Z - Z1}{\sigma}, \text{ где } \sigma = \frac{1}{\sqrt{N-3}}, \quad N - \text{длина реализации.}$$

В табл. 1 в колонках 7 и 8 представлены вычисленные значения σ и Δ . В нашем случае все Δ больше 3, кроме двух случаев: для 1967 и 1980 годов. Это означает, что полученные R достоверны, кроме этих двух случаев.

Среднее значение отношения среднегодовой площади факелов УАФО к среднегодовой площади факелов ГАС ГАО составляет 1,38. На рис.4 представлено изменение отношений среднегодовой площади факелов относительно среднего значения. Флуктуации этой величины показывают зависимость значений отношения от фазы цикла активности Солнца. В максимуме цикла значения отношений среднегодовых площадей факелов выше аналогичных значений в минимуме примерно в 2,5 раза. Между изменениями отношений площадей факелов обеих обсерваторий и колебаниями среднегодовых значений площадей факелов наблюдается связь. В годы максимума солнечной активности и среднегодовые площади, и отношения среднегодовых площадей факелов значительно выше аналогичных величин в годы минимума.

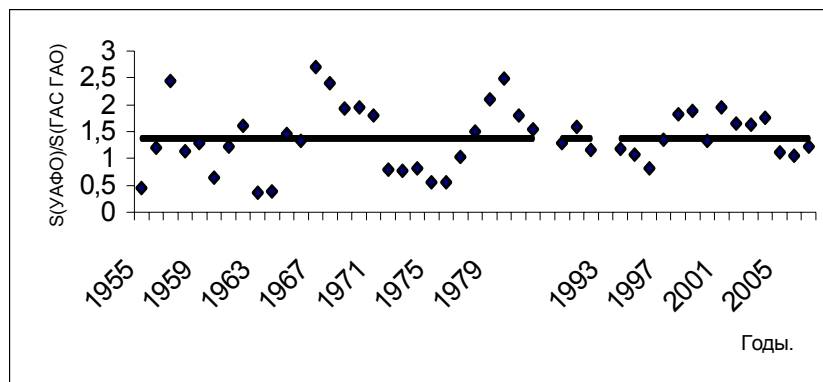


Рис. 4. Изменение отношений площадей факелов УАФО к ГАС ГАО со временем. Сплошной горизонтальной линией показано среднее значение отношений

Итак, значения среднегодовых площадей факелов для УАФО значительно превышают аналогичные значения ГАС ГАО. Причем, в годы максимума солнечной активности это превышение со-

ставляет 2-2,5 раза, а в годы минимума солнечной активности эти значения или соответствуют друг другу, или наблюдается, наоборот, превышение данных ГАС ГАО над данными УАФО. Кроме этого, чем больше измеряемая площадь факела, тем больше расхождения между данными УАФО и ГАС ГАО. Не может быть выведен единый переходной коэффициент между рядами площадей обеих обсерваторий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гневыхева Р.С. Идентичность пулковского и гринвичского каталогов. // Солнечные данные. 1976. № 4. С. 71-74.
2. Михалина Ф.А., Воробьева Г.П. Солнечная активность в 23-м цикле по результатам наблюдений в УАФО радиоизлучения Солнца на длине волны 10,7 см и относительных чисел пятен. // Солнечная активность и её влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2007. Т. 10. С. 118-120.
3. Крамынин А.П., Воробьева Г.П. Динамика спектра вариаций суммарной площади фотосферных факелов в северном и южном полушариях Солнца. // Солнечная активность и её влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2008. Т. 11. С. 97-103.
4. Кузьменко И.В. Результаты наблюдений радиоизлучения Солнца на частоте 2,80 ГГц в УАФО за 2002-2004 гг. // Солнечная активность и её влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2006. Т. 9. С. 65-74.
5. Кисловодская ГАС Главной астрономической обсерватории РАН. <http://www.solarstation.ru/?lang=ru&id=lastdata>
6. Юл Дж.Э., Кендел М. Дж. Теория статистики. // Москва: Госстатиздат. 1960. С. 779.