

А.П.Крамынин, Г.П.Воробьева

СРАВНЕНИЕ РЯДОВ ПЛОЩАДЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН УАФО И ГАС ГАО

Проведён анализ среднегодовых и среднемесячных рядов значений площадей солнечных пятен, полученных в Уссурийской астрофизической обсерватории и Кисловодской горной астрономической станции ГАО за период с 1955 по 2008 годы. Данные обнаруживают достаточно хорошее согласие в период с 1955 по 1984 (среднее значение $S_p(\text{УАФО})/S_p(\text{ГАС ГАО}) = 0,96$), а начиная с 1985 года среднее значение $S_p(\text{УАФО})/S_p(\text{ГАС ГАО}) = 0,83$, т.е. имеет место превышение значений площадей групп пятен, полученных в ГАС ГАО, над данными, полученными в УАФО.

В Уссурийской астрофизической обсерватории (УАФО) уже на протяжении пяти полных циклов (начиная с 1954 г.) ведётся регистрация индексов солнечной активности: чисел Вольфа, площадей фотосферных пятен, факелов, потока радиоизлучения на частоте 2.80 ГГц и т.д. Они используются как для изучения природы солнечной активности, так и для исследования солнечно-земных связей. Возникает вопрос, как соотносятся измеренные значения индексов солнечной активности в УАФО с аналогичными данными других обсерваторий. Насколько они соответствуют истине.

Настоящая статья посвящена сравнению среднемесячных и среднегодовых значений площадей солнечных пятен, полученных в Уссурийской астрофизической обсерватории и Кисловодской горной астрономической станции ГАО. Ранее рядом исследователей проводились сравнения индексов солнечной активности. Это – сравнение площадей групп пятен Пулковской и Гринвичской обсерваторий [1], площадей факелов измеряемых в УАФО и ГАС ГАО [6], 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 Solar Geophysical Data [2]. В нашем случае мы пытались ответить на вопросы: во-первых, каково соотношение площадей солнечных пятен, полученных в УАФО и ГАС ГАО, и, во-вторых, насколько оно постоянно, т.е. насколько оно устойчиво во времени.

Для анализа использовались среднегодовые и среднемесячные значения суммарной площади пятен для всего диска Солнца, полученные в Уссурийской астрофизической обсерватории и Горной астрономической станции ГАО в период с 1955 по 2008 гг. Ежедневные значения площадей пятен Горной астрономической станции ГАО брались с сайта ГАО [6].

Для каждого года вычислялся коэффициент корреляции R , приведенный в таблице 1 (столбец 7), где также представлены среднегодовые значения площадей солнечных пятен S_p (в миллионных долях полусферы) как для УАФО (столбец 3), так и ГАС ГАО (столбец 5). Кроме этого в табл. 1 приведены для каждого года количество дней наблюдений в УАФО и ГАС ГАО (столбцы 2,4) и отношения среднегодовой суммарной площади пятен $S_p(\text{УАФО})/S_p(\text{ГАС ГАО})$ (столбец 6). Кроме коэффициента корреляции R были вычислены коэффициенты c и k для уравнений линейной регрессии

$$S_p(\text{ГАС ГАО}) = kS_p(\text{УАФО}) + c,$$

а также их ошибки. Результаты представлены в табл. 2.

На рис. 1 показаны зависимости среднегодовых значений площадей пятен по данным УАФО и ГАС ГАО. Видно, что данные обнаруживают хорошее согласие друг с другом. На рис.2 представлено изменение коэффициента корреляции R между ежегодными рядами среднемесячных значений площадей пятен, полученных в УАФО и ГАС ГАО. Связь среднемесячных площадей пятен по данным УАФО со среднемесячными значениями площадей пятен ГАС ГАО очень тесная. Коэффициент корреляции близок к 1, кроме 1972, 1973 и 2002 годов. В эти годы, как видно из рисунков 3 и 4,

Таблица 1

Год	Число дней набл. УАФО	УАФО Ср. год. S_p	Число дней набл. ГАС ГАО	ГАС ГАО Ср. год. S_p	S_p (УАФО)/ S_p (ГАС ГАО)	Коэф. коррел. R
1955	239	464	357	603	0,77	0,99
1956	241	2427	366	2652	0,92	0,86
1957	251	3253	365	3476	0,94	0,97
1958	285	2981	365	3155	0,94	0,95
1959	266	3011	365	2743	1,10	0,95
1960	293	1736	366	1710	1,02	0,94
1961	278	633	365	670	0,95	0,98
1962	265	401	365	485	0,83	0,91
1963	272	339	365	292	1,16	0,9
1964	269	51	366	56	0,90	0,96
1965	255	92	365	107	0,86	0,97
1966	233	523	365	555	0,94	0,91
1967	292	1326	365	1365	0,97	0,95
1968	293	1542	366	1397	1,10	0,96
1969	305	1596	365	1315	1,21	0,94
1970	319	1888	365	1569	1,20	0,92
1971	298	1185	364	1071	1,11	0,98
1972	298	653	366	962	0,68	0,83
1973	314	434	365	516	0,84	0,77
1974	293	409	365	440	0,93	0,95
1975	293	186	365	180	1,03	0,99
1976	284	177	366	182	0,97	0,98
1977	301	345	364	352	0,98	0,99
1978	307	1464	360	1477	0,99	0,99
1979	290	2263	364	2360	0,96	0,94
1980	284	2046	364	2328	0,88	0,97
1981	291	2227	362	2368	0,94	0,98
1982	290	1901	364	2093	0,91	0,97

Таблица 1 (продолжение)

Год	Число дней набл. УАФО	УАФО Ср. год. S_p	Число дней набл. ГАС ГАО	ГАС ГАО Ср. год. S_p	S_p (УАФО)/ S_p (ГАС ГАО)	Коэф. коррел. R
1983	283	871	363	871	1,00	0,9
1984	300	690	361	721	0,96	0,99
1985	292	149	361	199	0,75	0,97
1986	297	123	365	154	0,80	0,96
1987	273	300	354	358	0,84	0,95
1988	301	1304	358	1541	0,85	0,98
1989	289	2388	358	2726	0,88	0,96
1990	276	1992	356	2283	0,87	0,86
1991	278	2498	343	2502	1,00	0,94
1992	254	1218	302	1592	0,77	0,9
1993	258	696	340	787	0,88	0,98
1994	250	305	346	403	0,76	0,98
1995	224	112	338	195	0,57	0,9
1996	250	70	337	106	0,66	0,9
1997	258	186	325	298	0,62	0,99
1998	285	796	325	1003	0,79	0,95
1999	290	1255	338	1507	0,83	0,96
2000	285	1489	326	1906	0,78	0,93
2001	303	1634	330	1896	0,86	0,97
2002	272	1679	324	1953	0,86	0,63
2003	286	988	323	1255	0,79	0,94
2004	298	632	321	805	0,78	0,94
2005	293	470	318	572	0,82	0,94
2006	287	214	324	258	0,83	0,98
2007	292	105	332	139	0,75	0,98
2008	298	14	338	23	0,61	0,98

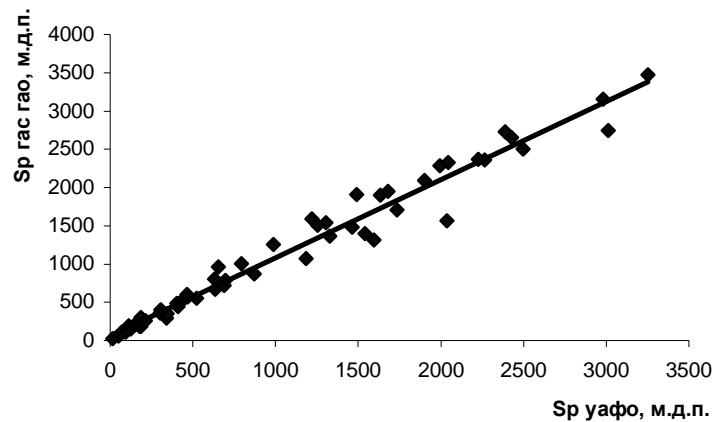


Рис. 1. Сравнение среднегодовых площадей пятен по данным УАФО и ГАС ГАО

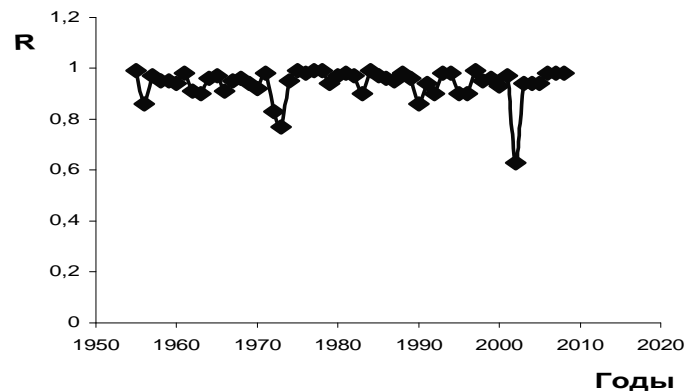


Рис. 2. Изменение коэффициента корреляции между среднемесячными значениями площадей пятен УАФО и ГАС ГАО

среднемесячные значения площадей пятен полученные в ГАС ГАО (непрерывная линия) или значительно превышают данные, полученные в УАФО (прерывистая линия), или практически совпадают. На рис. 5 показано изменение среднемесячных значений площадей пятен по данным УАФО (прерывистая линия) и ГАС ГАО (сплошная линия) для 1971 года, когда значение коэффициента корреляции $R = 0.98$. Видно, что значения $S_p(\text{УАФО})$ и $S_p(\text{ГАС ГАО})$ мало отличаются друг от друга на протяжении всего года.

Отношение площадей пятен по данным УАФО к данным, полученным в ГАС ГАО в годы максимумов, близки к 1, а в годы минимума значительно меньше. На рис. 6 представлено изменение отношений площадей пятен полученных в УАФО и ГАС ГАО.

Таблица 2

Год	R	k	Ошибка k	c	Ошибка c
1955	0,99	1,22	0,03	35	16
1956	0,86	0,95	0,18	333	462
1957	0,97	1,03	0,08	110	277
1958	0,95	0,92	0,1	425	293
1959	0,95	0,86	0,09	155	279
1960	0,94	0,83	0,1	271	176
1961	0,98	0,92	0,06	90	45
1962	0,91	1,22	0,18	-4	79
1963	0,9	0,69	0,1	58	41
1964	0,96	0,94	0,08	8	6
1965	0,97	1,04	0,08	11	9
1966	0,91	0,93	0,14	70	77
1967	0,95	0,89	0,09	185	130
1968	0,96	1,04	0,1	-207	150
1969	0,94	0,83	0,09	-16	149
1970	0,92	0,65	0,09	351	171
1971	0,98	0,79	0,05	139	65
1972	0,83	1,29	0,28	116	189
1973	0,77	0,83	0,22	156	105
1974	0,95	0,92	0,09	64	42

Таблица 2 (продолжение)

1975	0,99	0,78	0,04	34	12
1976	0,98	0,98	0,06	9	13
1977	0,99	0,93	0,05	32	20
1978	0,99	0,93	0,04	109	68
1979	0,94	0,89	0,11	352	246
1980	0,97	0,92	0,07	443	142
1981	0,98	0,93	0,06	293	128
1982	0,97	0,9	0,07	364	145
1983	0,9	0,72	0,11	245	111
1984	0,99	1	0,04	30	41
1985	0,97	1,11	0,08	33	16
1986	0,97	1,16	0,08	10	15
1987	0,95	1,07	0,11	35	39
1988	0,98	1,08	0,07	122	109
1989	0,96	1,04	0,09	230	236
1990	0,86	0,78	0,14	727	298
1991	0,94	0,8	0,1	505	246
1992	0,9	0,77	0,12	655	172
1993	0,98	0,98	0,05	104	42
1994	0,98	1,08	0,07	75	30
1995	0,9	1,26	0,19	54	25
1996	0,9	1,15	0,18	25	18
1997	0,99	1,51	0,05	18	16
1998	0,95	1,01	0,1	200	92
1999	0,96	1,12	0,11	97	142
2000	0,93	0,93	0,12	519	189
2001	0,97	1,07	0,09	150	159
2002	0,63	0,75	0,29	699	495
2003	0,94	0,97	0,11	293	123
2004	0,94	0,95	0,11	205	76
2005	0,94	1,1	0,13	53	63
2006	0,98	1,01	0,06	43	16
2007	0,98	1,37	0,08	-4	11
2008	0,98	1,48	0,09	2	3

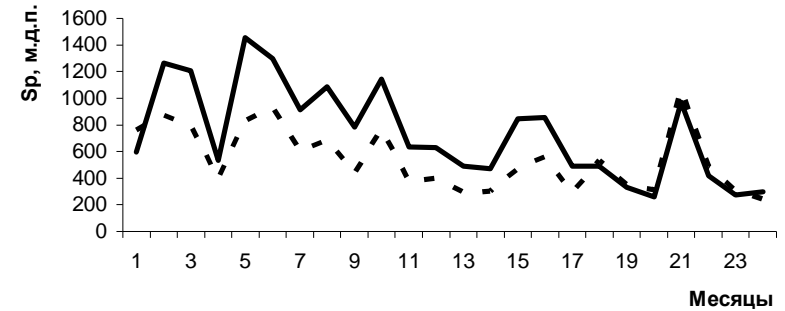


Рис. 3. Изменение среднемесячных площадей пятен УАФО (прерывистая линия) и ГАС ГАО (непрерывная линия) за 1972 и 1973 годы

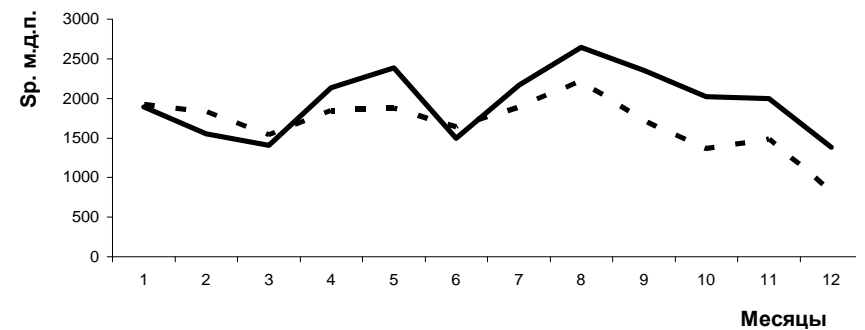


Рис. 4. Изменение среднемесячных площадей пятен УАФО (прерывистая линия) и ГАС ГАО (непрерывная линия) за 2002 год

Среднее значение отношений площадей пятен изменяется от 1 до 0.8. В целях детализации этого процесса весь исследуемый период разделён на два временных отрезка: с 1955 по 1984 и с 1985 по 2008 годы. Первой сплошной показана линия линейной регрессии временной зависимости отношений $S_p(\text{УАФО})/S_p(\text{ГАС ГАО}) =$

$0,0004(1954-t) + 0,9633$. Постоянный член этой регрессии $C=0,96$, который характеризует среднее значение отношения $S_p(\text{УАФО})/S_p(\text{ГАС ГАО})$, весьма близок к 1. Уравнение регрессии $S_p(\text{УАФО})/S_p(\text{ГАС ГАО}) = -0,0034(1984-t) + 0,8321$ (вторая сплошная линия) представляет среднее изменение отношений площадей пятен за период с 1985 по 2008 годы. Среднее значений отношений $S_p(\text{УАФО})/S_p(\text{ГАС ГАО})$ для этого периода, исходя из коэффициента C , равно 0.83. То есть, в 1985 году имеет место скачок коэффициента C . Суммарная среднемесячная площадь пятен, полученных в УАФО после 1985 г., меньше в 0,8 раз по отношению к данным Кисловодской астрономической станции ГАО.

Далее было интересно сравнить измеренные в обеих обсерваториях площади конкретных групп пятен. Разница во времени между снимками Солнца составляет в среднем 4,5 часа. Для сравнения брались долгоживущие группы, не меняющие существенно свою площадь в течение нескольких часов. Это группы класса J и H. Для них не имеет существенного значения разница во времени наблюдения, так как этот класс групп медленно эволюционирует. В результате было отобрано 20 групп пятен, наблюдавшихся в 2002, 2006 и 2007 годах. В таблице 3 представлены номера выбранных групп пятен по классификации УАФО (столбец 2), по классификации ГАС ГАО (столбец 4). Кроме этого указана дата (год и месяц) прохождения групп по диску Солнца, координаты (широта и Кэррингтоновская долгота), средние площади за время прохождения группы по диску в м.д.п. и коэффициент корреляции между измеренными величинами площадей пятен. На рис 7 представлены значения площадей конкретных групп пятен, измеренные в обеих обсерваториях. Данные хорошо согласуются в области малых и средних значений S_p .

На рис. 8 показано изменение площадей конкретных групп пятен по данным УАФО (сплошная линия) и по данным ГАС ГАО (прерывистая линия). По рисунку можно судить, что в 2002 году имело место превышение значений площадей пятен, полученных в УАФО, относительно площадей групп пятен, измеренных в ГАС ГАО. А в 2006 и 2007 годах наблюдается обратная картина: данные,

полученные в ГАС ГАО, значительно выше аналогичных значений УАФО.

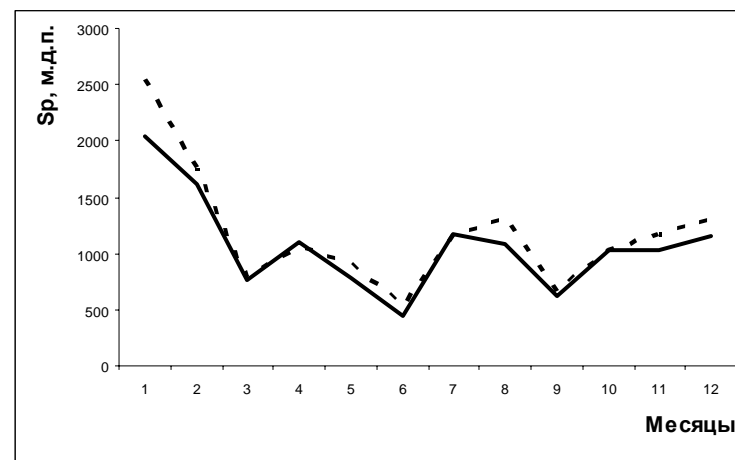


Рис. 5. Изменение среднемесячных площадей пятен УАФО (прерывистая линия) и ГАС ГАО (непрерывная линия) за 1971 год

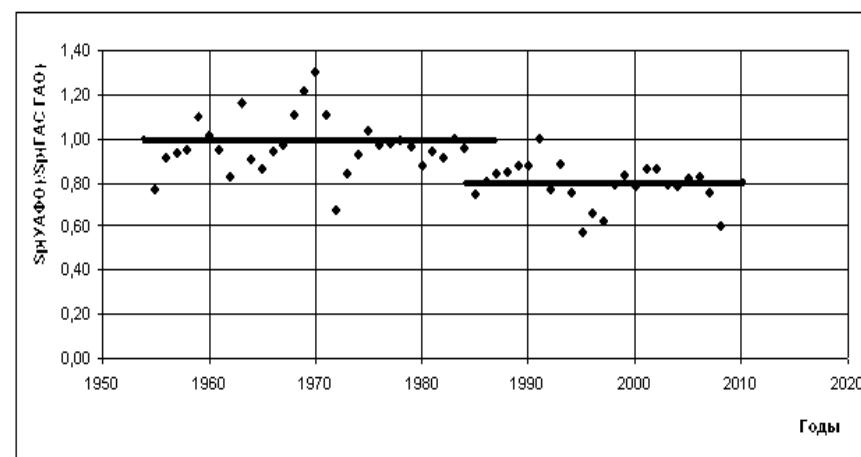


Рис. 6. Изменение отношений площадей пятен УАФО к ГАС ГАО со временем. Сплошной линией показаны линейные регрессии

Таблица 3

Год Месяц	№ груп пы УАФО	Широта	№ груп пы ГАС ГАО	Широта	Sp сред. УАФО	Sp сред. ГАС ГАО	R
		Кэр. долгота		Кэр. долгота			
2002 01	8	14 325,7	6	14,5 328	844	659	0,84
2002 01	37	-15,3 19,8	38	-15,5 21,5	741	674	0,78
2002 01	9	-16,3 323,1	7	-17 324	100	80	0,03
2002 01	12	29,2 268,4	12	29 269	178	176	0,73
2002 01	19	-11,4 203,4	20	-12 203,5	228	241	0,2
2002 01	24	-7,8 132,4	24	-8 132,5	529	487	0,95
2002 01	36	-2,7 35,5	37	-4,5 35,5	150	155	0,003
2002 02	48	9,6 300,1	46	8 300,5	331	221	0,78
2002 02	51	-25,7 279,5	48	-26 280	297	171	0,78
2006 03	27	-6 89,9	23	-6,5 90,5	133	172	0,86
2006 04	33	-7,2 311,1	27	-8,5 310,5	36	48	0,18
2006 04	39	-11,2 114,4	32	-11,5 113,5	311	396	0,92
2006 04	42	-17,1 86,1	33	-16 89,5	78	163	0,98
2006 05	46	-8,9 340,8	36	-10 340,5	38	73	0,93

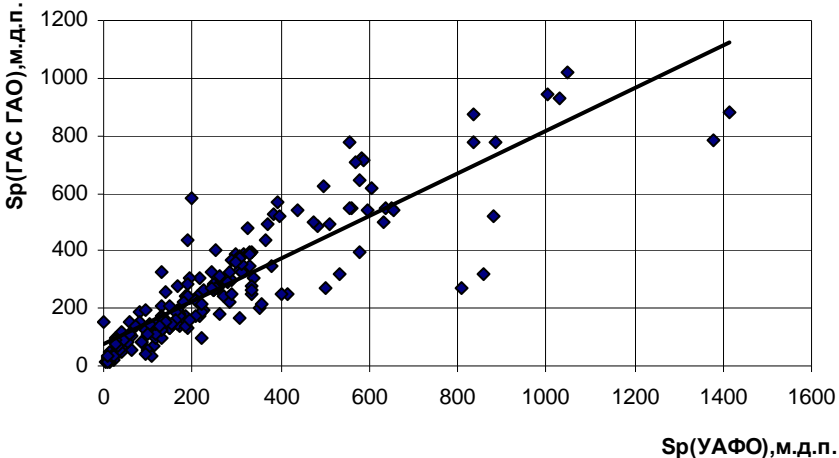


Рис. 7. Сравнение площадей избранных групп пятен по измерениям УАФО и ГАС ГАО. Сплошной показана линейная регрессия

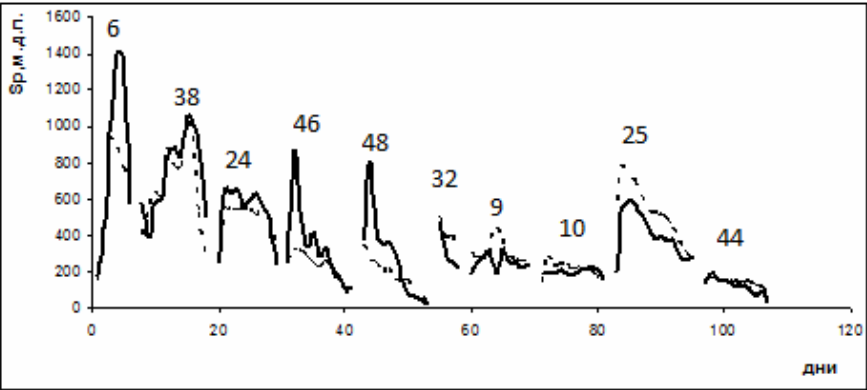


Рис. 8. Изменение площадей групп пятен по измерениям УАФО и ГАС ГАО. Номера групп указаны по классификации ГАС ГАО

Таблица 3 (продолжение)

Год Месяц	№ груп пы УАФО	Широта	№ груп пы ГАС ГАО	Широта	Sp сред. УАФО	Sp сред. ГАС ГАО	R
		Кэр. долгота		Кэр. долгота			
2006 05	52	-11,6 150,8	41	-12,5 147,5	31	67	0,89
2007 01	1	-6,8 9,1	1	-6,5 9	299	367	0,42
2007 01	8	-5,2 42,2	9	-5 42	253	316	0,16
2007 01	9	-7,6 8,1	10	-8 8	196	217	0,18
2007 04	22	-10,3 308,5	25	-10 308	401	527	0,78
2007 08	41	-4,9 188,9	44	-5,5 188	122	139	0,86

Итак, среднегодовые и среднемесячные значения площадей пятен, полученных в УАФО и ГАС ГАО за период с 1955 по 2008 год, обнаруживают хорошее согласие друг с другом. Исследование отношения среднегодовых значений площадей пятен УАФО к ГАС ГАО позволяет утверждать, что в 1985 году имело место скачкообразное изменение данного отношения. Значения площадей пятен, полученные в ГАС ГАО после 1985 г., значительно превышают данные Уссурийской обсерватории. Что касается сравнения площадей конкретных групп пятен, то здесь имеет место как превышение данных УАФО над данными ГАС ГАО, так и обратная ситуация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гневышева 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. Сайт – <http://www.solarstation.ru/?lang=ru&id=lastdata>.

6. Крамынин А.П., Воробьева Г.П. Сравнение рядов площадей солнечных факелов УАФО и ГАС ГАО. // Солнечная активность и её влияние на Землю. Владивосток: Дальнаука, 2009. Т. 12. С. 79-87.