

О зависимости потока медленно меняющейся компоненты
радиоизлучения Солнца от класса групп пятен

Ш.Б. Ахмедов

On the Dependence of a Flux of the Solar Radio Emission
S-Component on the Class of Sunspot Groups

Sh. B. Akhmedov

Abstract

A correlation between the flux of radio emission obtained from observations with high resolution at $\lambda = 9$ cm and the characteristics of spotgroups are investigated. It is shown that the correlation increases at a separate consideration of unipolar and bipolar spotgroups. The emissive power (the flux of emission from a unit of area) of bipolar spotgroups is much by a factor of 1.5 as compared with that of unipolar ones. The dispersions of emissive powers of different classes of sunspot groups have been obtained.

Статистические исследования медленно меняющейся компоненты (S -компоненты) в диапазоне 10-60 см показали, что суммарный поток радиоизлучения S -компоненты хорошо коррелирует с параметрами групп пятен (видимой площадью, относительным числом пятен, магнитным полем) [1-3].

В ряде работ измерения полного потока радиоизлучения Солнца используются для исследования характеристик источников S -компоненты (спектра, направленности, времени жизни и др.) [4-6]. Из этих работ следует, что коэффициенты корреляции между суммарными потоками радиоизлучения и площадями получались высокими. Из [6] и [7] видно, что существуют какие-то реальные различия в излучении локальных источников, связанных с группами пятен разных классов. Однако результаты исследований, основанных на измерениях суммарных потоков, выявляют средние сглаженные характеристики S -компоненты. Возможно, что эти средние характеристики нельзя относить к отдельным источникам, связанным с конкретными группами. Проверить это можно по наблюдениям на инструменте с большим разрешением, что и является основной целью настоящей работы.

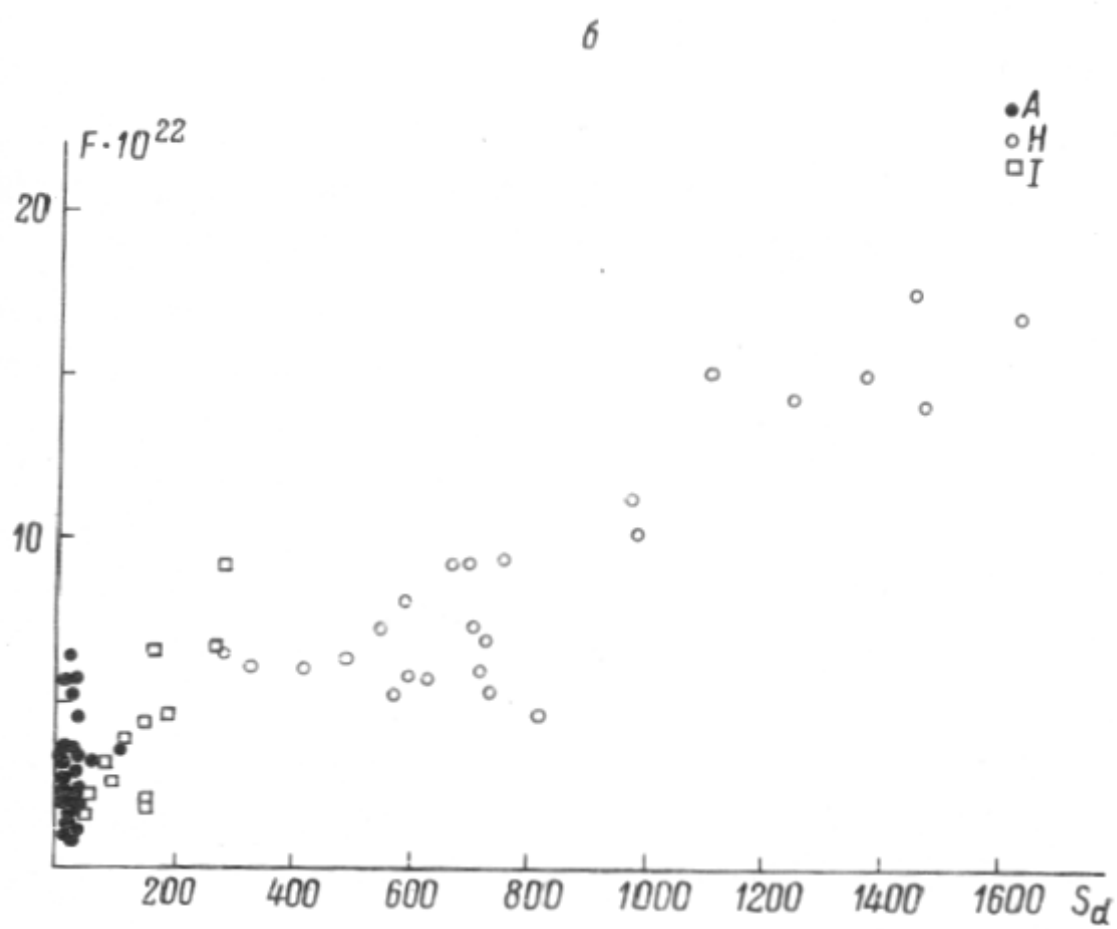
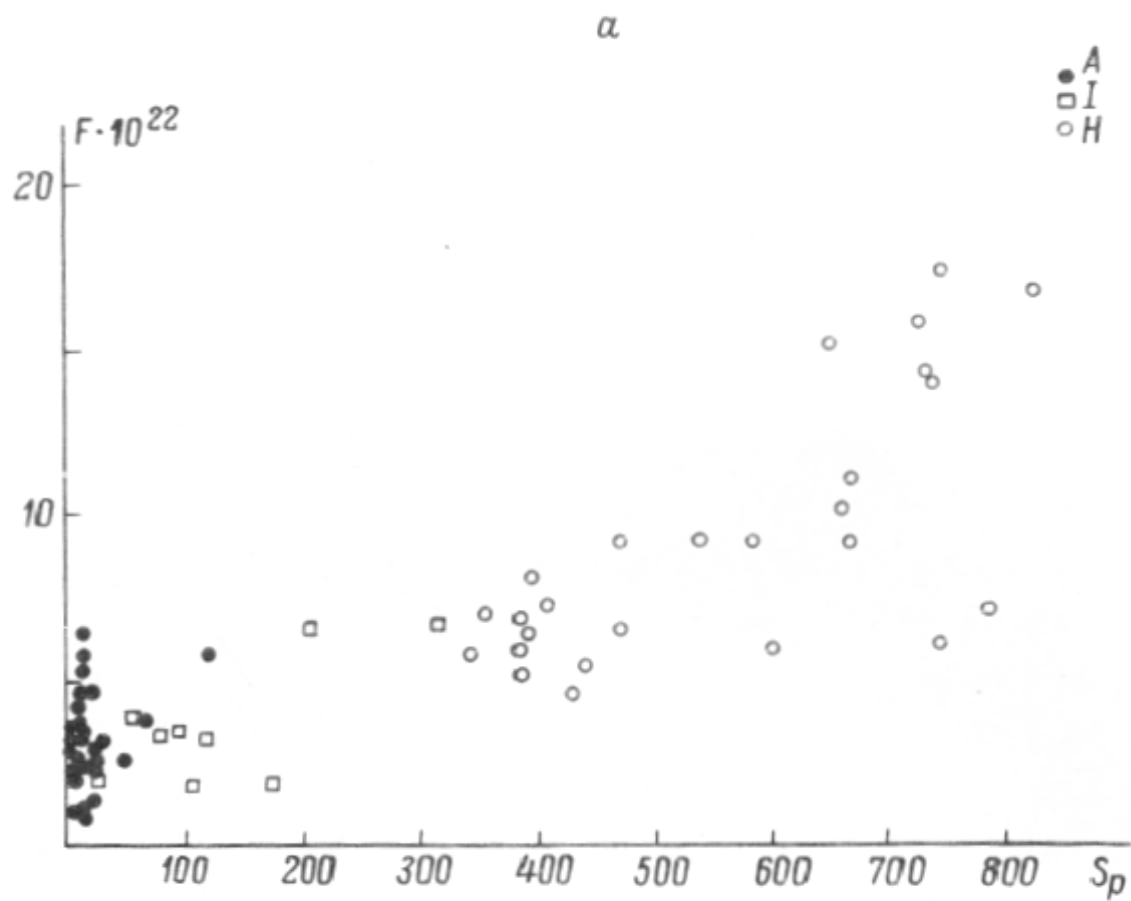


Рис. I

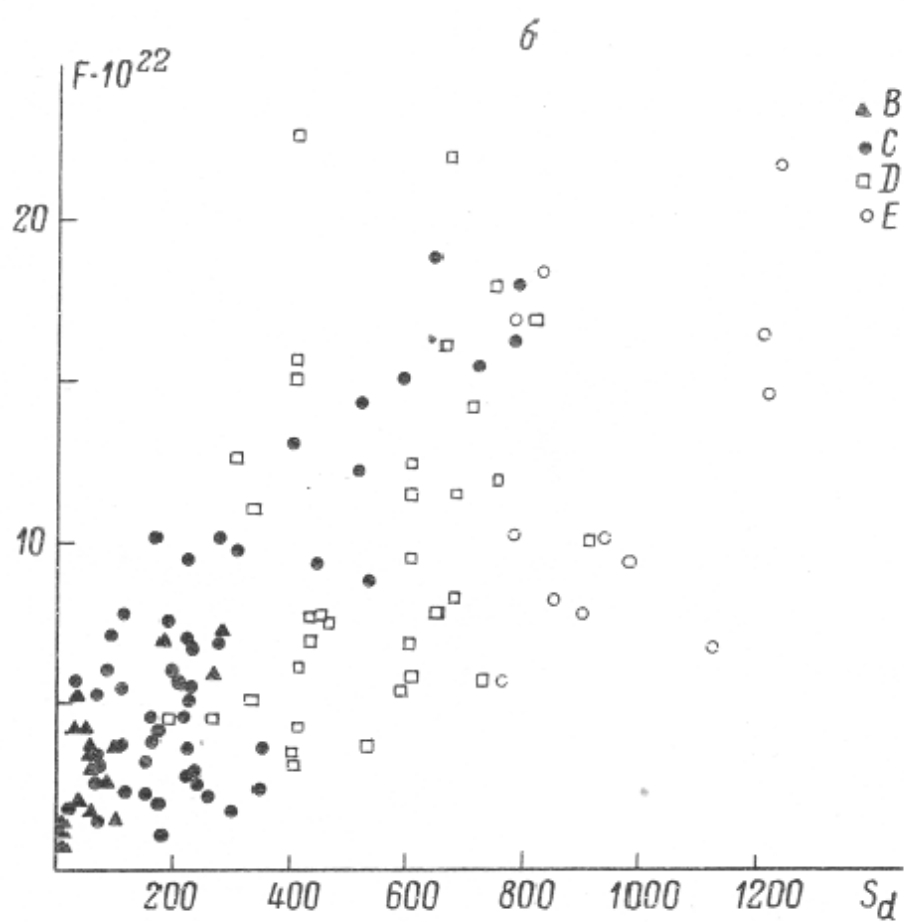
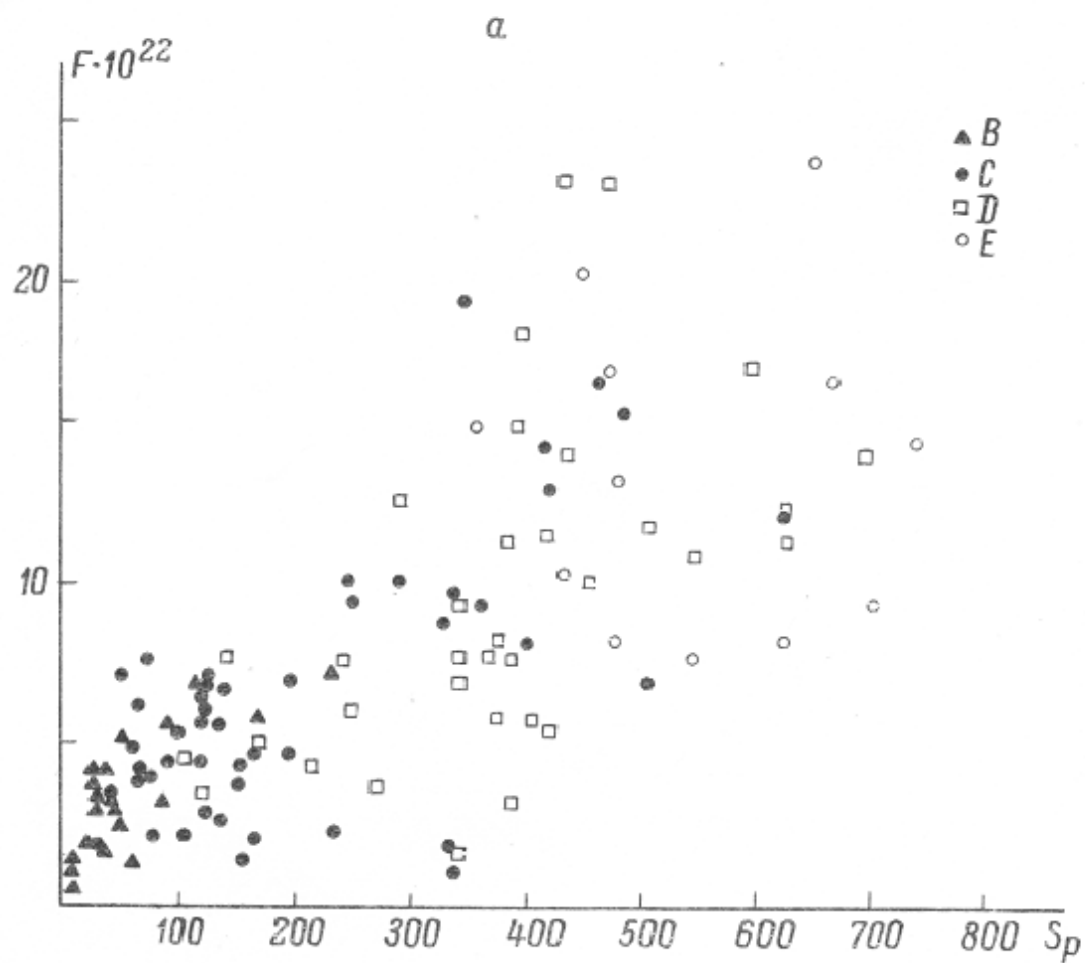


Рис. 2

Наблюдения были выполнены автором на БПР [8] на волне 9.0 см. В работу включены данные наблюдений за май-июнь 1965 г., май 1966 г. и сентябрь 1966 г. - январь 1967 г. Разрешающая способность БПР по одной координате составляет около 3'. Использовался модуляционный приемник прямого усиления с ЛВВ в качестве усилителя высокой частоты. Ширина шумовой дорожки составляла 0.06% антенной температуры от Солнца. Полученные записи обрабатывались методом, подробно изложенным в [9, 10]. Поток от "спокойного" Солнца на $\lambda = 9.0$ см принимался равным $72 \cdot 10^{-22}$ Вт/м² Гц, согласно [11].

Ожидалось, что корреляция потоков надежно разрешенных источников с площадями соответствующих им групп пятен окажется выше, чем при исследованиях, базирующихся на измерениях полных потоков. На основе корреляционных диаграмм, полученных по нашим наблюдениям были вычислены коэффициенты корреляции, которые оказались не очень высокими ($r_{S_p} = 0.715 \pm 0.035$ и $r_{S_d} = 0.664 \pm 0.039$), меньше чем в [1-6]. Значения площадей групп S_p и S_d были взяты из бюллетеня "Солнечные данные". Поэтому для сравнения с этими результатами были построены корреляционные диаграммы суммарных потоков от всех локальных источников S -компоненты ΣF в зависимости от ΣS_p и ΣS_d для дней наблюдения на БПР. Коэффициенты корреляции оказались соответственно равными $r_{S_p} = 0.830 \pm 0.031$ и $r_{S_d} = 0.650 \pm 0.058$. Кроме того, группы пятен были разделены на классы Цюрихской классификации по "Солнечным картам Фраунгоферского института" (ФРГ). Группы пятен классов A , H и J принимались за униполярные, а B , C , D , E , F и G - за биполярные. Корреляционные диаграммы между потоками излучения и площадями S_p и S_d для униполярных и биполярных групп пятен показаны на рис. 1 а, б и рис. 2 а, б соответственно.

Количественные результаты описанных статистических связей приведены в табл. I, где r - коэффициент корреляции, ρ - коэффициент регрессии относительно S -осей или средняя излучательная способность (поток излучения, отнесенный к единице площади пятен) в 10^{-24} Вт/м² Гц.

Из табл. I видно, что коэффициент корреляции между суммарными потоками ΣF и площадями ΣS_p больше, чем для отдельных разрешенных локальных источников. Это можно объяснить следующим образом. Известно, что в период своего существования группы пятен проходят разные стадии развития. Потоки излучения от локальных источников, связанных с этими пятнами, будут зависеть от различных параметров пятен (площадей, магнитных полей, возраста, расположения на диске и в том числе от неизвестных нам характеристик). В этом случае поток радиоизлучения можно выразить как функцию от этих параметров

$$F \sim f(S_p, H, \theta, T, \dots)$$

Следовательно, для определенного значения площади получится ряд значений потока в зависимости от других параметров. При исследовании суммарного потока от суммарных площадей групп пятен влияние этих параметров усредняется, и ясно, что чем больше будет на диске число групп пятен, тем больше усреднение. Суммарный поток $\Sigma F \sim f(\Sigma S_p, H_{cp}, \theta_{cp}, T_{cp} \dots)$; для этой зависимости дисперсия будет минимальной, т.е. получится максимальный коэффициент корреляции. При разделении пятен на классы коэффициенты корреляции для источников, связанных с униполярными и биполярными пятнами, увеличиваются по сравнению с общим случаем, когда нет деления на классы.

Таблица I

Наименование	r_{F, S_p}	r_{F, S_d}	ρ_{S_p}	ρ_{S_d}	ρ_{S_p} / ρ_{S_d}	Число точек
Разрешенные источники	0.715 ± 0.035	0.664 ± 0.039	1.58 ± 0.11	0.92 ± 0.07	1.72	204
Суммарная S-компонента	0.830 ± 0.031	0.650 ± 0.058	2.18 ± 0.14	1.25 ± 0.14	1.74	100
Источники, связанные с униполярными пятнами (классы A, H, J)	0.842 ± 0.038	0.863 ± 0.031	1.30 ± 0.11	0.85 ± 0.21	1.52	73
Источники, связанные с биполярными пятнами (B, C, D, E)	0.748 ± 0.051	0.686 ± 0.049	1.91 ± 0.16	1.20 ± 0.11	1.60	131

При переходе от зависимости F от S_p к зависимости F от S_d для униполярных пятен коэффициент корреляции не ухудшается, что показывает заметную направленность этих классов, так как отношение $S_d/S_p \sim \cos \theta$, где θ — угловое расстояние группы пятен от центра диска. Для подтверждения этого был сосчитан коэффициент корреляции между F и S_p в предположении, что поток излучения меняется, как $F \sim \cos \theta$, и линейно зависит от S_d . Коэффициент корреляции между F и S_p в этом случае $r = 0.72$.

Для биполярных пятен переход от зависимости F от S_p к зависимости F от S_d ухудшает коэффициент корреляции. Это свидетельствует о том, что эти локальные источники в целом не обладают направленностью излучения. Для исследования направленности излучения источников этих классов, по-видимому, нужно отдельно рассматривать источ-

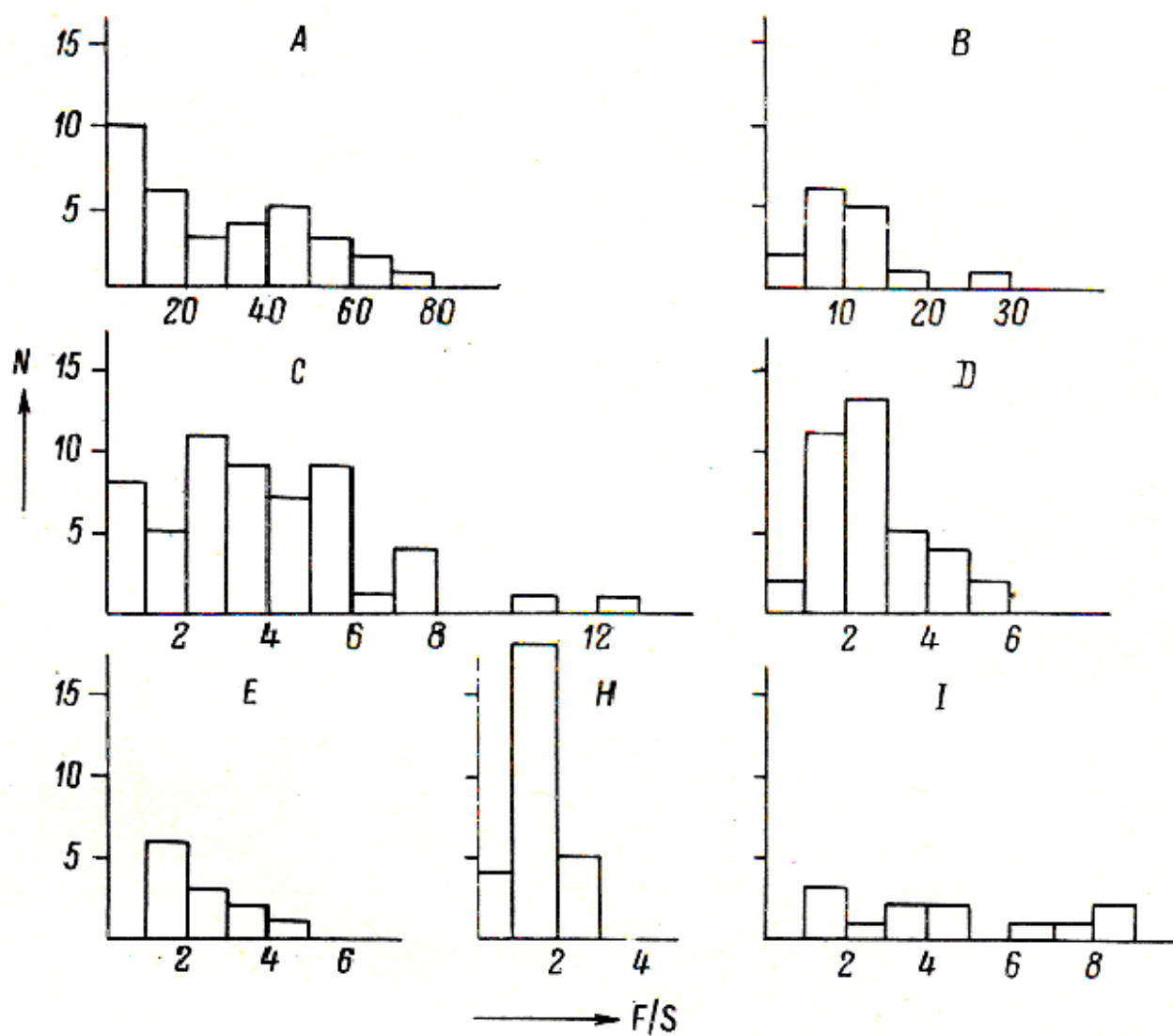


Рис.3

ники, связанные с группами пятен того или иного класса.

Из табл. I видно, что коэффициент регрессии (а следовательно, средняя излучательная способность) для униполярных пятен меньше, чем для биполярных. В табл. 2 приведены вычисленные средние излучательные способности (излучение единицы площади $\frac{1}{N} \sum \frac{F}{S_p}$) для отдельных источников. Для сравнения приведены также результаты исследования [6] на $\lambda = 8$ см.

Приведенные значения для средних квадратичных отклонений излучательных способностей в табл. 2 и распределения излучательных способностей для отдельных классов на рис. 3 показывают, что средняя излучательная способность даже в пределах отдельных классов групп пятен имеет столь большой разброс, что не отражает характерных свойств локальных источников групп пятен.

Таблица 2

Класс группы пятен	$\frac{1}{N} \sum \frac{F}{S_p}$		Среднее квадратичное отклонение	Число точек
	Автор	[6]		
A	29.7 ± 3.64	6.0 ± 1.1	30.2	34
B	10.6 ± 1.80	1.1 ± 0.55	6.1	18
C	4.2 ± 0.40	2.2 ± 0.83	4.8	61
D	2.7 ± 0.29	2.2 ± 0.25	1.22	40
E	2.4 ± 0.29	2.2 ± 0.20	0.79	12
H	1.7 ± 0.09	2.2 ± 0.25	0.30	27
J	4.5 ± 0.88	0.82 ± 0.25	2.5	12

Из всего сказанного можно сделать следующие выводы:

1. Для источников, связанных с униполярными группами пятен (классы A, H и J), существует направленность излучения, близкая к косинусному закону, что не имеет места для источников, связанных с биполярными группами пятен (классы B, C, D, E, F и G).

2. Лучшая корреляция потока источников с площадью униполярных групп пятен (см. табл. I), чем с площадью биполярных, показывает, что наличие биполярной структуры приводит к появлению компоненты излучения, непосредственно не связанной с площадью пятен.

3. Средние характеристики радиоизлучения пятен не являются типичными, из-за чего ими не следует пользоваться для построения моделей источников, связанных с пятнами. Наличие больших дисперсий показывает, что использовавшиеся оптические данные не позволяют полностью однозначно определить поток излучения от этих локальных источников. Поэтому средние характеристики, получаемые из статистических исследований, мало пригодны для прогнозирования излучения S-компоненты по оптическим данным.

4. Средняя излучательная способность биполярных пятен в 1.5 раза больше, чем униполярных, что можно связать с одной или несколькими из следующих причин:

а) В биполярной структуре пятна образуются магнитные ловушки, которые кроме тепловых электронов задерживают слабые релятивистские электроны, дающие дополнительное излучение. Вероятно, этого нельзя сказать об униполярных пятнах, магнитные силовые линии которых имеют существенно другую структуру.

б) Возможно, что условия нагрева в биполярных группах пятен лучше, чем в униполярных.

в) Возможно, что условия проникновения магнитных силовых линий в корону лучше для биполярных пятен, чем для униполярных, поэтому магнитное поле биполярной структуры способно обеспечить $H \approx 400$ э в тех областях короны, где $T = I$ для $\lambda = 9.0$ см.

Автор считает своим долгом выразить благодарность Н.Г. Петеровой и Г.Б. Гельфрейху за обсуждение и критические замечания.

Литература

- [1] F.I. Leahy, D.E. Jabsley, Austral. J. Sci. Res., A2, 48, 1949.
- [2] J.F. Denisse, C.R., 228, 1571, 1949.
- [3] H.W. Dodson, IAU Symposium N 4 Radioastronomy, ed. H.C. van de Hulst. Cambridge, 1957, p.327.
- [4] А.Р. Аббасов, Солн. данные, № 6, 1963.
- [5] A. Krüger, W. Krüger, G. Wallis, Zs. Ap., 59, 37, 1964.
- [6] Н.С. Соболева, Изв. ГАО, № 178, 1965.
- [7] W.N. Christiansen, J.A. Warburton, R.D. Davies., Austral. J. Phys., 10, 491, 1957.
- [8] С.Э. Хайкин, Н.Л. Кайдановский, Н.А. Есепкина, О.Н. Шиврис, Изв. ГАО, № 164, 1960.
- [9] В.Н. Ихсанова, Изв. ГАО, № 164, 1960.
- [10] Д.В. Корольков, Ю.Н. Парийский, Н.С. Соболева, Солн. данные, № 9, 1958.
- [11] L. Mollwo, F. Fürstenberg, A. Krüger, H.-St. Michel, International report presented of the III-d IAU Assembly. Madrid, 1965. *presented of Krüger*

Шемахинская астрофизическая
обсерватория АН Азерб. ССР

Поступила в редакцию
Поступила в редакцию
27 июля 1967 г.