

А. С. МЕЛКОНЯН

ПОИСК ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОСТИ У ЗВЕЗД, НАХОДЯЩИХСЯ В НИЖНЕЙ ЧАСТИ ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Приведены результаты поиска фотометрической переменности среднегодовой яркости 17 программных и 34 звезд сравнения.

Электрофотометрические наблюдения проведены в 1978—1984 гг. на телескопе АСТ-14А Бюраканской обсерватории. Используются три светофильтра: джонсоновский U, интерференционный H α фильтр с полушириной 12 Å и красный r-фильтр с полушириной 1300 Å и эффективной длиной волны 7000 Å.

У 23,5% программных и у 6% звезд сравнения наблюдается переменная среднегодовая яркость.

Введение. В течение последних двух десятилетий проведены обширные исследования по поиску солнечноподобной активности среди звезд. Первые систематические исследования по поиску циклов активности на звездах были начаты Вильсоном [1] в 1966 г. Он показал, что у некоторых из наблюдавшейся 91 звезды главной последовательности H+K потоки, измеренные в спектральных полосах шириной в 1 Å, изменяются с периодами от 7 до 14 лет. Он также заподозрил вращательную модуляцию H+K потока у тех звезд, на кривой блеска которых наблюдается большой разброс точек. Это предположение подтвердилось наблюдениями Вогана [2]. Исследования Вильсона были продолжены Воганом [3], который доказал существование у звезд главной последовательности циклов активности с периодами от 6 до 14 лет.

К настоящему времени наблюдениями по поиску солнечноподобной активности охвачены звезды разных классов светимости и спектра, звезды поля и в системах, звезды типа Ву Dra и RS CVn, одиночные звезды и компоненты двойных систем. Наблюдения проведены как в отдельных спектральных линиях, так и в непрерывном спектре, включая рентгеновский диапазон. Проведены измерения магнитных полей и скорости вращения звезд. В результате всех этих исследований было доказано существование у звезд циклов активности длительностью от 5 до 60 лет [4].

Согласно работе Патерно [4], важнейшие факты, полученные из наблюдений и касающиеся звездной активности солнечного типа таковы:

1. Область на диаграмме Г—Р, где наблюдаются циклы активности, ограничена в спектральном диапазоне F5—M5 и охватывает как карлики, так и гиганты.
2. Наблюденные периоды циклов не зависят от спектрального класса звезд и лежат в пределах от 5 до 60 лет.
3. Зависимость периода цикла от периода вращения звезды показывает двойное поведение. Для небольших периодов вращения ($P < 7^d$) есть очень сильная обратная зависимость между этими двумя периодами, но начиная с $P = 7^d$ никакой зависимости нет.

4. Величина любого индикатора активности звезды (величина $H+K$ потока, напряженность магнитного поля, интенсивность рентгеновского излучения) увеличивается с увеличением скорости вращения звезды.

Вопрос о солнцеподобной активности звезд обсуждался многими исследователями. Интересные работы по этому вопросу выполнены, например, Патерно [4], Гершберг [5], Годолн [6], Галл [7], Родоно [8, 9], Вогт [10], Лински [11], Балиунас и Воган [12].

Целью настоящей работы был поиск фотометрической переменности у звезд главной последовательности с использованием трех фильтров, u , g и H_α (см. ниже).

Выбор программных звезд. Звезды выбирались из каталога Глизе [13]. Так как присутствие кальциевой или водородной эмиссии в спектре звезды свидетельствует о ее активности, то при отборе звезд было желательно, но не обязательно, чтобы спектральные классы выбираемых звезд были с индексом «Е» и лежали в пределах от G до M. Было выбрано 17 программных звезд.

Для каждой программной звезды на паломарских картах были выбраны по две звезды сравнения, которые отождествлялись по каталогу SAO. В табл. 1 приведены номера (для программных звезд по каталогу Глизе, а для звезд сравнения по каталогу BD), спектральные классы и V—величины программных звезд и звезд сравнения.

Таблица 1

Данные программных звезд и звезд сравнения

Программная звезда			I зв. сравнения			II зв. сравнения		
Gl №	V	Sp	BD №	V	Sp	BD №	V	Sp
5	6.14	K0VE	+27 4676	6.80	K0	+27 4674	6.90	K2
688	6.40	dK3	+2 3373	6.40	K0	+0 3785	6.50	K0
692.1	7.50	K0V	+22 3205	8.70	G5	+22 3208	8.40	M0
700.2	7.01	K0V	+25 3453	6.80	K0	+24 3327	6.90	K0
722.1	8.34	dK0E	+42 3121	8.50	M0	—	9.82	K6
727	7.98	dK4	+10 1663	8.5	G5	+10 3675	8.30	K2
743	8.51	G9	+22 3575	8.50	G0	+22 3592	8.50	K0
756.2	8.10	K5V	+7 4035	8.60	K0	+7 4071	8.60	K0
773.2	7.92	K0VE	+28 3529	8.90	K0	+28 3547	9.00	K0
775	7.46	dK4E	+3 4211	7.80	K0	+3 4244	7.90	K2
808.2	8.41	K5V	+28 3898	8.00	K0	+28 3807	8.00	K2
818	8.28	K6V	+6 4758	8.10	K0	+7 4622	8.70	K2
835	9.85	dM0E	—	—	—	—	—	—
836.7	6.14	dG0E	+15 4491	7.80	G5	+14 4637	6.70	G5
841.1	6.80	K5V	+20 5047	7.20	K0	+18 4899	6.60	K0
857.1	8.87	dK7E	+21 4745	7.90	K2	+21 4749	8.2	K2
908	8.98	M2VE	+1 4764	8.60	K0	+1 4760	8.90	K0

Аппаратура. Наблюдения проводились на телескопе АЗТ-14А Бюкананской обсерватории ($D=48$ см), на котором установлен одноканальный электрофотометр с ФЭУ-79, работающий без охлаждения, в режиме счета фотонов. Электроника аппаратуры подробно описана в работе Кюриняна и др. [14]. Использовались три фильтра: джонсоновский инструментальный U фильтр (u), интерференционный H_α фильтр с полушириной 12 Å (H) и красный фильтр с эффективной длиной волны 7000 Å и полушириной 1300 Å (g). В u и H фильтрах время интегрирования сигнала обычно выбиралось равным 99 с, а в фильтре g —от 10 до 50 с, в зависимости от яркости наблюдаемой звезды. Характерная ошибка одного наблюдения в g фильтре состав-

ляла 0^m003-0^m010 . В и и H фильтрах ошибка одного наблюдения была больше из-за слабости сигнала (0^m01-0^m08 для разных звезд). Вопрос об ошибке наблюдений с нашей аппаратурой подробно обсужден в [15].

Наблюдения и полученный материал. Наблюдения проводились в 1978—1984 гг. Для каждой звезды за ночь делалось одно-два сравнения. После первого года наблюдений оказалось, что исходя из статистической полноты наблюдательного материала, касающегося одной звезды, оптимальное число программных звезд должно быть 15—20. В таком случае за сезон для одной программной звезды получалось в среднем 10—15 оценок яркости. За семь лет наблюдений сделано 1031 сравнение (свыше 18000 измерений звезд и фона).

Методика обработки. Очевидно, что для обнаружения переменности у звезд главной последовательности, которые в известном смысле считаются постоянными, требуется высокая точность наблюдений [16]. Для того, чтобы на 48 см телескопе решить подобную задачу, необходим очень строгий подход к процессам получения и обработки наблюдательного материала. Из-за меняющихся условий наблюдений за сезон, наблюдательный материал для одной звезды является неравноточным [15] и требует соответствующих методов статистической обработки (см., например, [17—19]).

Для определения весов наблюдений ошибка одного наблюдения вычислялась по формуле

$$\sigma = 1.03 \sqrt{\frac{1 + \frac{\bar{n}_0^\Phi}{\bar{n}_0} \left(1 + \frac{\tau^*}{\tau^\Phi}\right)}{\bar{n}_0^2}} + 0^m006,$$

где σ —среднеквадратичная ошибка одного наблюдения, выраженная в звездных величинах; \bar{n}_0 и \bar{n}_0^Φ —числа импульсов, зарегистрированных за одну секунду от звезды и фона соответственно; τ^* и τ^Φ —времена интегрирования сигнала от звезды и фона соответственно.

Чтобы сравнить средние значения и дисперсии сезонных рядов наблюдений (сезонных выборок) и сделать вывод о постоянстве или переменности звезд, необходимо сначала проверить однородность этих рядов. Эта проверка сделана согласно τ -критерию (см., например, [20]). После проверки однородности и исключения из сезонных рядов крайних элементов было сделано сравнение сезонных дисперсий и средних значений по методу Бартлета и по методу сравнения средних (см., например, [20]) соответственно.

Сравнение дисперсий сезонных выборок выявило их постоянство при доверительной вероятности 0.999. Когда доверительная вероятность бралась равной 0.99 в 13% случаев оказались переменные дисперсии. Сравнение средних величин выборок проводилось в предположении, что дисперсии соответствующих выборок постоянны, поэтому здесь также доверительная вероятность принималась равной 0.999.

Вся обработка наблюдательного материала была сделана на ЭВМ «Электроника ДЗ-28».

Результаты. В табл. 2 приведены значения отношения \bar{S}^2/S^2 (см. [20] с. 145), которое имеет распределение Фишера. Те значения \bar{S}^2/S^2 , которые больше соответствующих значений квантилей распределения Фишера (даны в скобках), подчеркнуты и указывают на переменность. В первом столбце этой таблицы приведены номера программных звезд по каталогу Глизе [13]. В остальных столбцах (P—1),

(P—II) и (I—II) означают разности звездных величин программной звезды и звезд сравнения между собой. Индексы г, н и и указывают на примененные фильтры.

Благодаря анализу табл. 2 и рис. 1—5, где приведены усредненные за год кривые блеска, можно утверждать, по-видимому, что переменными среднегодовыми яркостями обладают следующие звезды: G1 5, BD+22 3208 (вторая звезда сравнения для G1 692.1), G1 836.7, BD+14 4637 (вторая звезда сравнения для G1 836.7), G1 841.1 и G1 908.

Несколько подробнее остановимся на трех из них.

G1 5—в [29] эта звезда отмечена как переменная с амплитудой 0^m 025. Переменность обнаружил Голе [21], но этот факт нам не был известен.

G1 836.7—Бланко и др. [22] получили веские доводы в пользу того, что эта звезда является пока единственной одиночной звездой с горячими пятнами. Амплитуда изменений в V полосе равна 0^m 02, период—24^d 9.

G1 908—в [29], со ссылкой на работу Гершберга и Шаховской [23], эта звезда отмечается как вспыхивающая и фотометрически переменная. Но в вышеупомянутой работе таких фактов нет. Переменность этой звезды не обнаружили также Дойл и др. [24], наблюдавшие эту звезду фотометрически и спектрально.

О переменности остальных трех звезд нам ничего не известно.

Заклучение. Анализ полученного наблюдательного материала не позволил сделать каких-либо выводов о характере сезонной кривой блеска звезд (из-за малочисленности наблюдений одной звезды за сезон и недостаточной точности одного измерения). По этой причине нам оставалось предпринять поиск годовых изменений яркости звезд.

Таблица 2

Значения параметра S^2/S^2

G1 №	(P—I)	(P—II) _г	(I—II) _г	(P—I) _н	(P—II) _н	(I—II) _н	(P—I) _и	(P—II) _и	(I—II) _и
5	3.1(4.7)	6.2(4.7)	1.4(4.8)	5.7(4.7)	3.7(4.7)	0.6(4.8)	9.3(4.7)	5.7(4.7)	0.7(4.8)
688	0.6(7.1)	0.5(5.3)	2.0(7.4)	2.0(7.0)	0.7(5.5)	0.5(7.6)	3.5(5.4)	6.4(7.0)	0.6(7.4)
692.1	0.3(5.3)	2.2(5.3)	1.2(5.3)	2.6(5.3)	5.8(5.3)	2.6(5.5)	1.0(5.3)	4.5(5.3)	2.0(5.4)
700.2	0.7(5.6)	3.0(5.6)	1.9(5.9)	0.8(5.6)	1.1(5.6)	1.8(5.9)	2.1(5.6)	0.7(5.6)	2.1(5.9)
722.1	5.6(6.5)	0.8(6.5)	1.8(6.6)	5.4(6.6)	0.2(6.5)	0.9(6.6)	2.5(6.5)	1.2(6.5)	1.6(6.6)
727	1.6(6.6)	1.8(6.6)	2.9(6.9)	1.0(6.9)	0.7(6.9)	1.4(7.1)	2.5(6.6)	0.6(6.6)	2.2(6.9)
743	3.2(5.3)	4.2(5.3)	3.2(5.5)	5.0(5.5)	3.4(5.4)	1.5(5.7)	4.5(5.4)	5.4(5.5)	1.1(5.5)
756.2	4.6(5.3)	3.5(5.3)	1.2(5.5)	2.8(5.4)	1.5(5.6)	1.1(5.6)	1.3(5.3)	1.3(5.3)	0.5(5.5)
713.2	2.5(5.5)	0.5(5.4)	2.0(5.6)	0.5(5.4)	1.2(5.4)	0.5(5.7)	1.5(5.5)	4.7(5.4)	2.4(5.6)
775	0.5(4.8)	0.7(4.8)	1.1(4.9)	1.7(4.8)	1.1(4.8)	0.2(4.8)	4.5(4.8)	2.1(4.8)	0.7(4.8)
808.2	2.1(5.3)	0.3(5.3)	2.6(5.6)	1.8(5.3)	4.1(5.3)	2.8(5.6)	3.7(5.3)	2.8(5.3)	1.0(5.7)
818	5.9(7.0)	6.4(7.0)	4.8(7.1)	1.5(7.0)	0.3(7.1)	1.0(7.1)	1.8(7.0)	0.3(7.1)	1.2(7.1)
835	2.2(6.9)	0.5(7.0)	1.1(7.0)	1.0(6.9)	1.0(6.9)	0.8(7.0)	0.5(6.9)	0.6(7.0)	0.9(7.0)
836.7	3.0(4.8)	2.1(4.8)	2.4(5.0)	12.5(4.8)	5.7(4.8)	4.1(5.0)	1.4(4.8)	4.8(4.8)	6.2(5.0)
841.1	2.2(4.7)	6.7(4.7)	3.8(4.8)	4.4(4.7)	1.6(4.6)	0.6(4.8)	3.9(4.7)	4.8(4.6)	2.8(4.8)
857.1A	1.1(5.5)	0.3(5.5)	2.0(6.0)	2.1(5.5)	2.0(5.5)	1.5(5.8)	3.7(5.5)	3.3(5.5)	1.1(5.7)
908	14.4(5.0)	9.9(5.0)	0.9(5.0)	1.3(5.0)	1.3(5.0)	0.6(5.0)	1.6(5.0)	1.2(5.0)	2.2(5.1)

)

Как видно из табл. 2, обнаруженная переменность равным образом проявляется как в коротковолновой, так и в длинноволновой части спектра. В связи с этим уместно отметить результат Доррена и Джинана [26], подтвержденный Рейдиком и др. [25], согласно которому переменность в непрерывном спектре у звезд главной последо-

вательности проявляется преимущественно в коротковолновой части спектра.

Из табл. 2 следует, как и следовало ожидать, что процент обнаруженных переменных среди программных звезд намного выше (23.5%), чем среди звезд сравнения (6%). Это, по-видимому, связано с тем, что при отборе программных звезд большое внимание было уделено присутствию эмиссии в их спектрах. Хотя, нужно отметить, что нам ничего не известно о спектрах вторых звезд сравнения для G 836.7 G1 692.1. Последний результат полностью согласуется с выводами о том, что хромосферно активные звезды главной последовательности показывают также переменность в непрерывном спектре [16, 26—28].

Причиной изменений среднегодовой яркости звезд главной последовательности является, вероятно, вековое изменение активности этих звезд.

Автор выражает искреннюю признательность Л. В. Мирзояну и Б. С. Осканяну за детальное обсуждение настоящей работы и сделанные ими замечания.

31 января 1987 г.

Ա. Ս. ՄԵԼՔՈՆՅԱՆ

ԳԼԽԱՎՈՐ ՀԱՋՈՐԿԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՆԵՐՔԵՎԻ ՄԱՍՈՒՄ ԳՏԵՎՈՂ ԱՍՏԻՆԻԻ
ԼՈՒՍԱԶՄԱԿԱՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՐՈՆՈՒՄ

Բերված են 17 ծրագրային և 34 համեմատման աստղերի միջին տարեկան պայծառության փոփոխության որոնման արդյունքները.

էլեկտրալուսաչափական դիտումները արված են 1978—1984 թթ. Բյուրականի աստղադիտարանի 48 սմ տրամագծով АЗТ-14 А դիտակով: Օգտագործվել են երեք լուսազտիչներ՝ ջոնսոնյան U, ինտերֆերենցիոն H_α 12 А կիսալայնությամբ և կարմիր Դ լուսազտիչ 1300 А կիսալայնությամբ:

Ծրագրային աստղերի 23,5%-ի և համեմատման աստղերի 6%-ի մասին արված են միջին տարեկան պայծառության փոփոխություններ:

A. S. MELKONIAN

A SEARCH FOR PHOTOMETRIC VARIABILITY AMONG LOWER
MAIN-SEQUENCE STARS

The results of search for annual light variations among 17 main sequence program and 34 comparison stars are presented.

Photoelectric observations are made by 48 cm telescope at the Byurakan observatory from 1978 to 1984. The three following filters are used: johnsons U, interference H_α with FWHM=12Å and a red filter with FWHM=1300 Å and with effective wavelength at 7000Å.

We find evidence that 23.5% of program stars and 6% of comparison stars are variable.

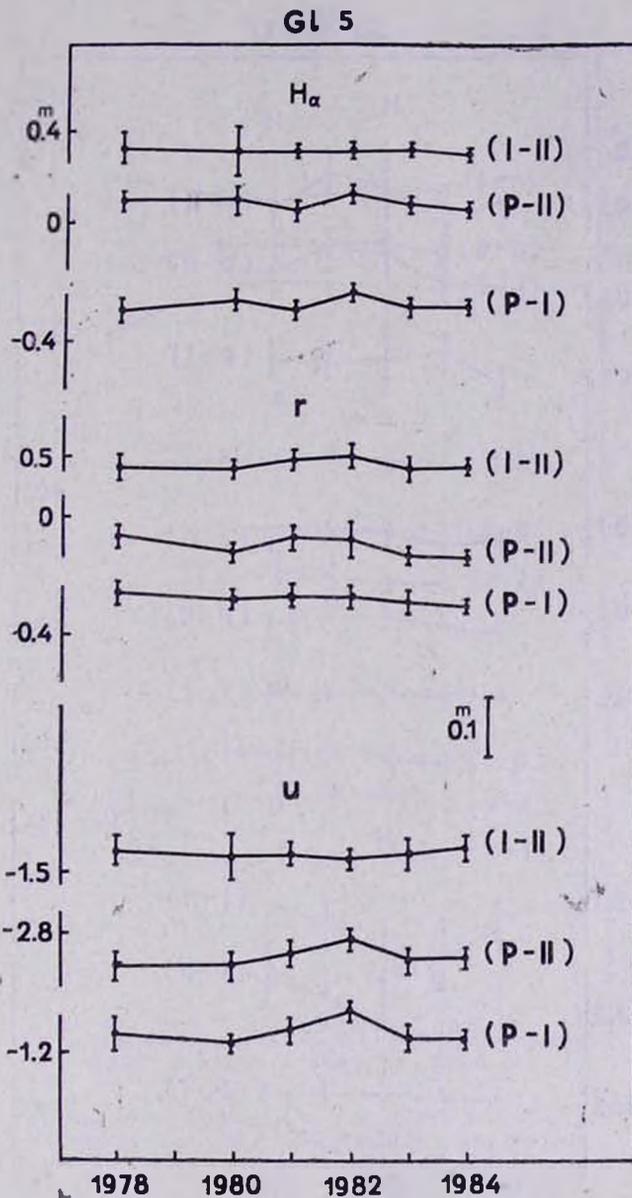


Рис. 1. Усредненная за год кривая блеска звезды G1 5. Вертикальными отрезками отмечены доверительные интервалы при доверительной вероятности равной 0.997

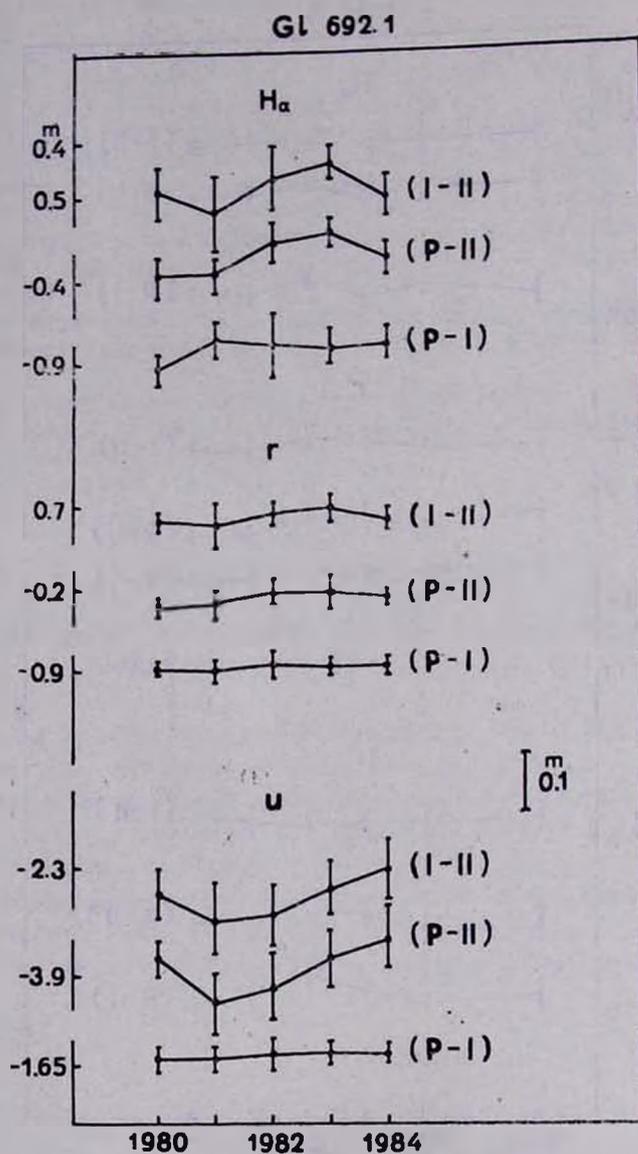


Рис. 2. Усредненная за год кривая блеска звезды Gl 692.1. Обозначения, как на рис. 1

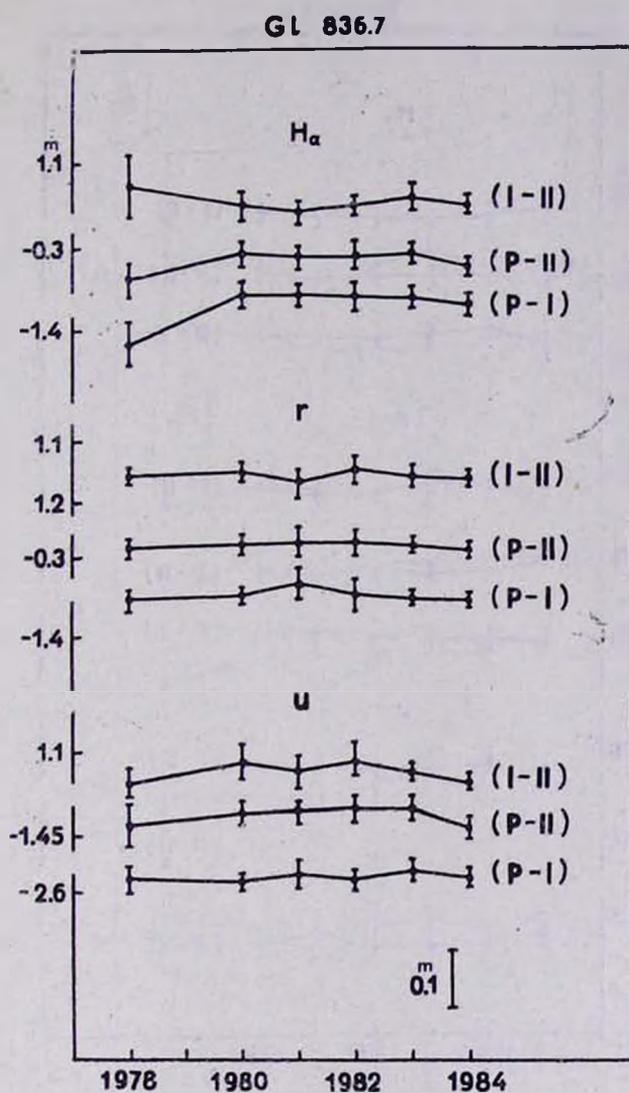


Рис. 3. Усредненная за год кривая блеска звезды Gl 836.7. Обозначения, как на рис. 1

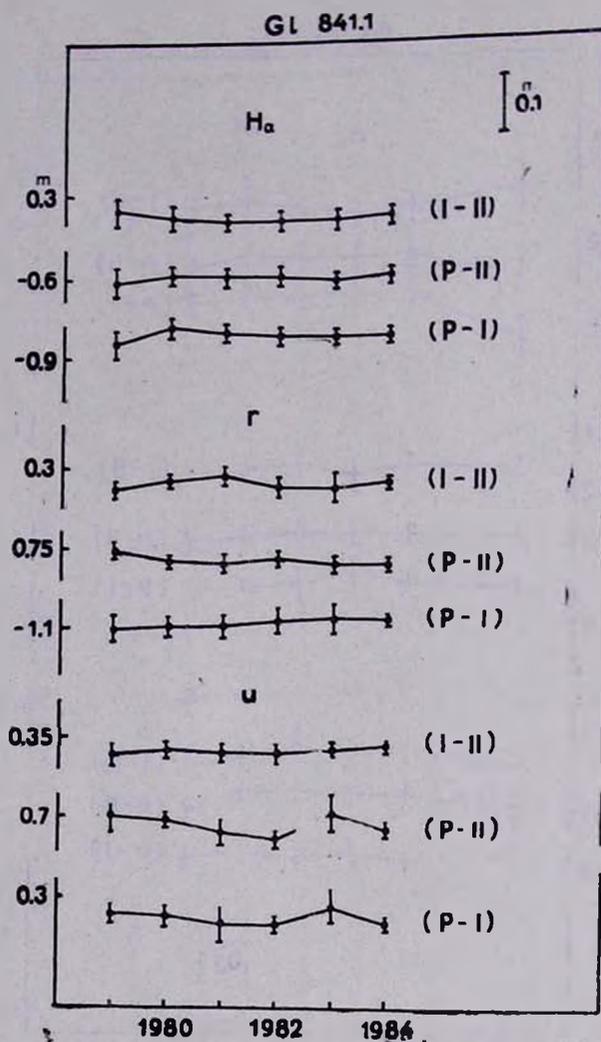


Рис. 4. Усредненная за год кривая блеска звезды Gl 841.1. Обозначения, как на рис. 1

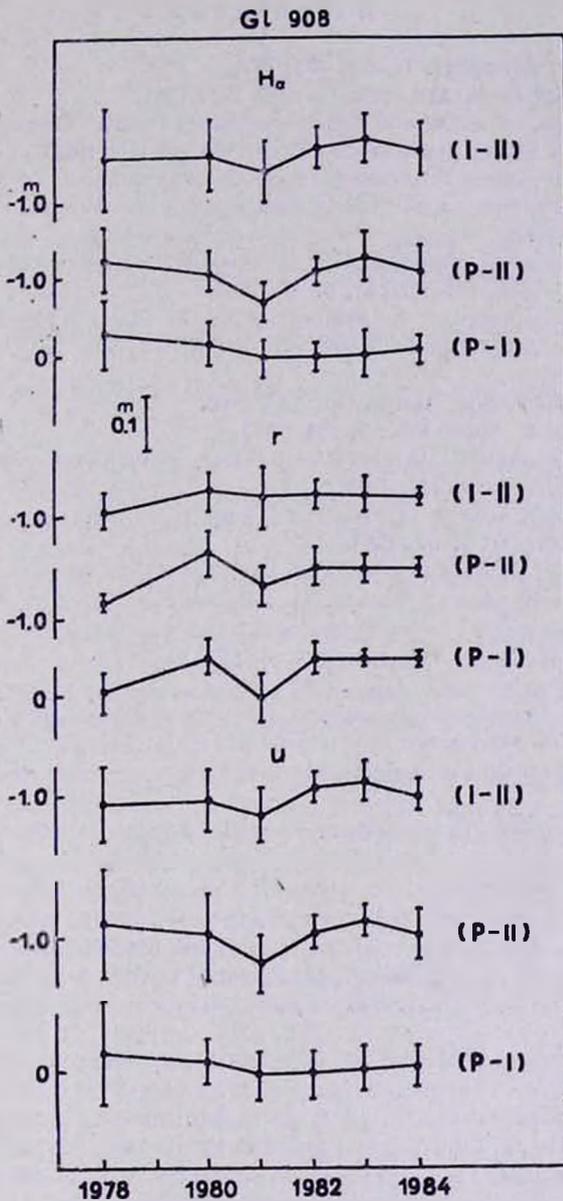


Рис. 5. Усредненная за год кривая блеска звезды Gl 908. Обозначения, как на рис. 1

ЛИТЕРАТУРА

1. O. C. Wilson, *Astrophys. J.*, 226, 379, 1978.
2. A. H. Vaughan et al, *Astrophys. J.*, 250, 276, 1981.
3. A. H. Vaughan, in „Solar and Stellar Magnetic Fields: Origins and Coronal Effects“, J. O. Stenflo (ed), Reidel, Dordrecht, p. 113, 1983.
4. L. Paterno, in „Active Phenomena in the Outer Atmosphere of the Sun and Stars“, Proceedings of the Lapan—France Seminar, J.—C. Pecker, Y. Uchida (eds), p. 343, Paris, 1983.
5. R. E. Gershberg, in „Variable Stars and Stellar Evolution“, V. Sherwood and L. Plaut (eds), Reidel, Dordrecht, p. 47, 1975.
6. G. Godoll, Proceedings of the Symposium No. 71 IAU, Reidel Dordrecht, 1975.
7. O. S. Hal., in „Highlight in Astronomy“, P. A. Wayman (ed), Reidel, Dordrecht, p. 841, 1980.
8. M. Rodono, *Mem. Soc. Astron.*, 51, 623, 1980.
9. M. Rodono, *Adv. Space Res.*, 2, 225, 1983.
10. S. S. Vogt, in „Activity in Red Dwarf Stars“, P. B. Byrne and M. Rodono (eds) Reidel, Dordrecht, p. 137, 1983.
11. J. L. Linsky, in „Activity in Red Dwarf Stars“, P. B. Byrne and M. Rodono (eds) Reidel, Dordrecht, p. 39, 1983.
12. S. L. Balunas, A. H. Vaughan, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 23, 379, 1985.
13. W. Gliese, *Veroff. Astron. Rechen. Inst. Heidelberg*, No. 22, 1969.
14. Э. Н. Кюриан и др., *Сообщ. Бюраканской обш.*, 54, 65, 1983.
15. А. С. Мелкоян, *Сообщ. Бюраканской обш.*, 56, 69, 1985.
16. R. R. Radlka et al. *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 94, 934, 1982.
17. Т. А. Агекян, *Основы теории ошибок для астрономов и физиков*, М., 1972.
18. А. С. Щиголов, *Математическая обработка наблюдений*, М., 1969.
19. А. С. Чеботарев, *Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей*, М., 1958.
20. Е. И. Пустыльник, *Статистические методы анализа и обработки наблюдений*, М., 1968.
21. M. Golay, in „Problems of Calibration of Absolute Magnitudes and Temperatures of Stars“, B. Huak, and B. E. Westerlund (eds), p. 275, 1973.
22. C. Blanco, S. Catalano, E. Marille, *Nature*, 230, 661—662, 1979.
23. R. E. Gershberg, N. I. Shakhovskaya, *Bamberg Veroff*, 9, No. 100, 126, 1971.
24. J. G. Doyle, P. B. Byrne, J. W. Menzies, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, 220, 223, 1986.
25. R. R. Radik et al., *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 95, 300, 1983.
26. J. D. Dorren, E. F. Gulnar, in „Second Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun“, SAO Spec. Rep. No. 392, eds M. S. Giampapa, L. Golub, p. 11—49, Cambridge, Mass, Smithsonian Astrophys. Obs., 1982.
27. G. W. Lockwood, D. T. Thompson, R. R. Radik, W. H. Osborn, W. E. Bagget et al. *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 96, 714, 1984.
28. D. K. Duncan, S. L. Balunas et al. *Publ. Astron. Soc. Pacific*, 96, 707, 1984.
29. П. Н. Холопов (ред.), *Новый каталог звезд, заподозренных в переменности блеска*, М.: Наука, 1982.