

Фотографическая фотометрия переменной звезды FG Стрелы

В.В.Головатый, Ю.Ф.Мальков

Излагаются результаты фотографической фотометрии переменной звезды FG Стрелы. Наблюдения проводились астрокамерой Цейсса ($F = 50$ см; $D = 10$ см) в 1958 – 1972 годах. Оценки блеска переменной приведены в шкале звездных величин, близкой к фотометрической системе В. Получено хорошее согласие наших данных с наблюдениями других авторов. Для отдельных интервалов наблюдений выявлена периодичность изменения блеска переменной и найдена величина периода. Изучены особенности изменения периода со временем.

Photographic Photometry of the Variable Star FG Sagittae

by V.V.Golovatyj, Yu.Ph.Malkov

Results of photographic photometry of variable star FG Sagittae are presented. The observations of FG Sge have been made by astrocamera Zeiss ($F = 50$ cm, $D = 10$ cm) during 1958–1972 years. Periodicity of brightness changes of FG Sge has been studied.

Переменная FG Стрелы относится к типу пекулярных звезд, требующих непрерывных фотометрических и спектральных наблюдений. По ряду признаков некоторые исследователи причисляют ее к протопланетарным туманностям, хотя имеются и другие точки зрения. Фотометрические исследования FG Sge могут дать ценную информацию о природе этого объекта, которая еще далека от понимания. Ниже излагаются результаты анализа фотографических наблюдений FG Sge, выполненных на астрономической обсерватории Львовского университета в 1958–1972 гг. Учитывая, что в этот период времени ее наблюдения на других обсерваториях проводились мало, такое исследование FG Sge по материалам Львовской стеклотеки является актуальным.

Наблюдения переменной FG Sge проводились на астрокамере Цейсса ($F = 50$ см; $D = 10$ см) с мая 1958 г. по сентябрь 1972 г. Карта окрестностей FG Sge приведена на рис. 1. Звездами сравнения служили звезды а, б и в. Сведения о них взяты из работ Архиповой (1971, 1975) и приведены в табл. 1. Блеск этой переменной оценивался методом Нейланда–Блажко. При этом была получена также степенная шкала звезд сравнения, приведенная в 5 колонке табл. 1. Для редукции наблюдений из степенной шкалы в систему В (т.к. наблюдения являлись фотографическими) по данным табл. 1 были составлены условные уравнения, решение которых методом наименьших квадратов дало следующую зависимость:

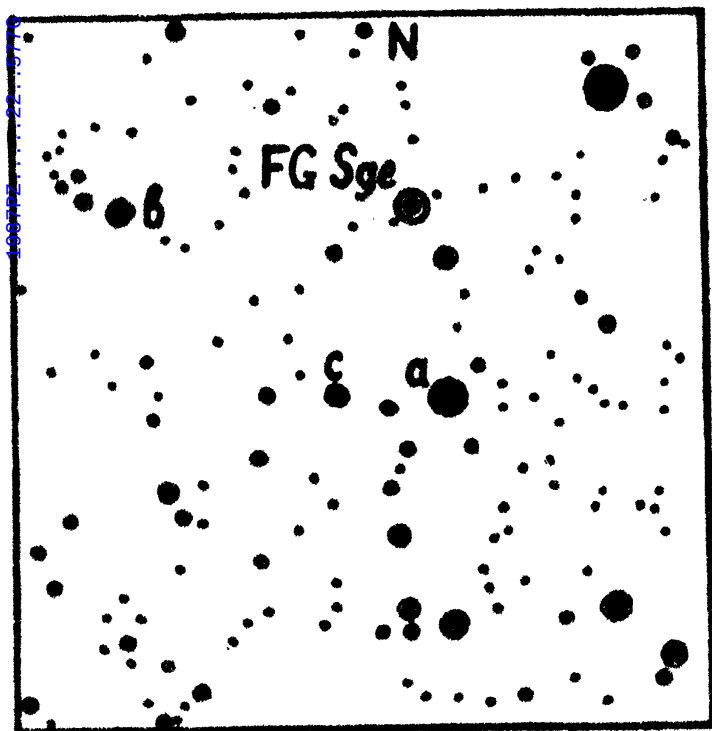


Рис. 1. Карта окрестностей переменной *FG Стрелы*.

$$m_B = 8^m.63 + 0.146 \cdot St - 0.062 (B-V),$$

по которой осуществлялся перевод степенной шкалы оценок блеска переменной в шкалу звездных величин m_B . При этом мы использовали средние значения показателей цвета $B-V$ для *FG Sge* за сезон, заимствованные из работ Архиповой (1971, 1975). Малая величина коэффициента при показателе цвета $B-V$ указывает на близость нашей фотографической системы к системе B . При редукции оценок блеска к этой системе нами не учитывался вклад излучения туманности, окружающей *FG Sge*, и оптического компонента $\sim 13^m$, расположенного на расстоянии $8''$ от переменной. Оценка такого вклада приведена в работе Архиповой (1971) и составляет $\sim 0^m.03$ в системе B , т.е. меньше точности фотографических наблюдений.

В результате было получено 176 оценок блеска переменной *FG Sge*. Они приведены в таблице 2 и изображены на рис. 2, где по оси абсцисс отложены юлианские даты, а по оси ординат — звездные величины m_B . Сплошной линией на этом рисунке проведены относительно надежные кривые блеска на отдельных участках, где наблюдения проводились чаще, а пунктиром — предполагаемые кривые блеска. Иллюстрацией сходимости наших оценок блеска *FG Sge* с фотоэлектрическими B -величинами Архиповой (1971) может служить рис. 3, на котором изображены наблюдения 1971 г. Расхождение оценок не превышает $0^m.08$, что близко к пределу точности фотографических наблюдений.

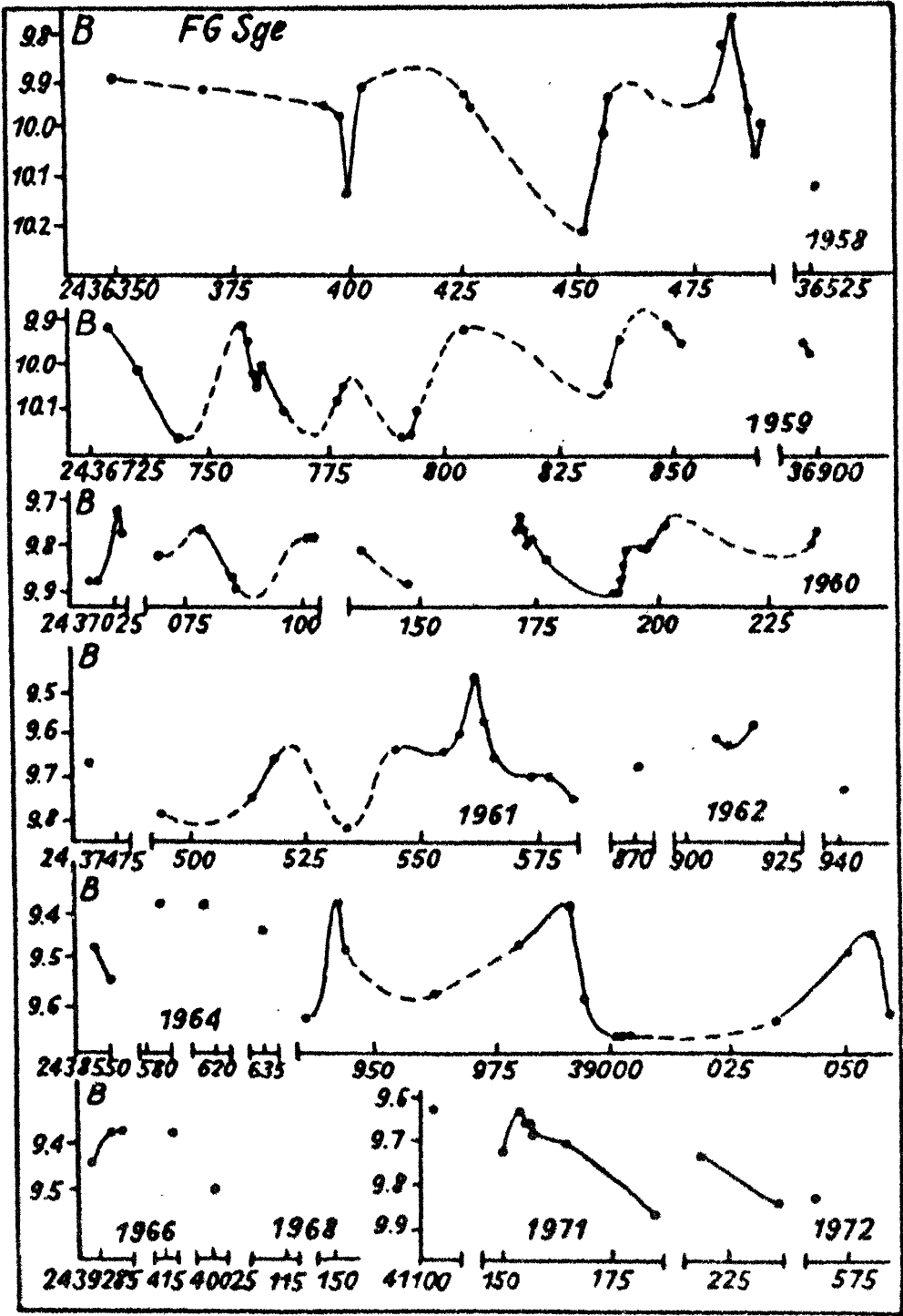


Рис. 2. Оценки блеска переменной FG Стрелы.

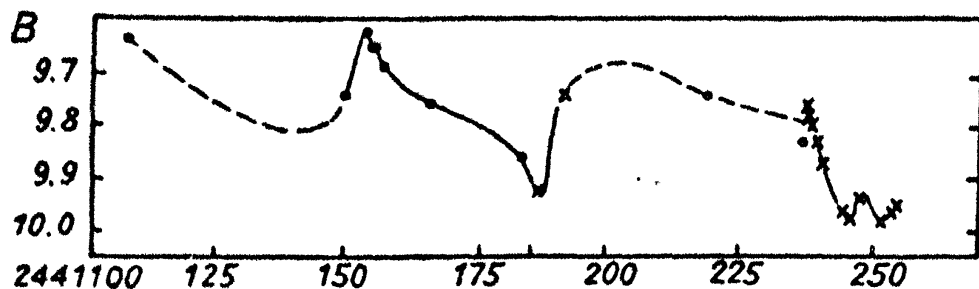


Рис.3. Сравнение наших оценок блеска FG Стрелы с данными Артиповой (1975): ● — наши данные; × — наблюдения Артиповой.

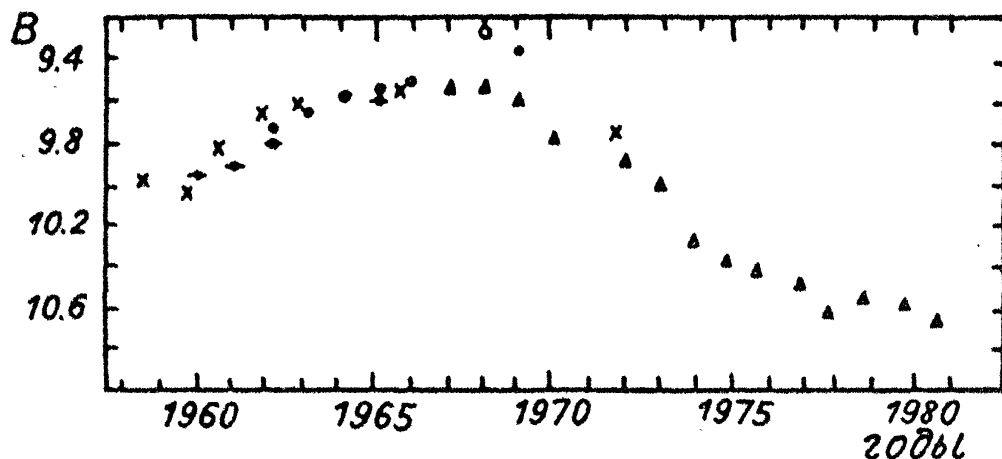


Рис.4. Кривая изменения блеска FG Стрелы на протяжении 1958–1982 гг.: × — наши данные; ● — наблюдения различных авторов из работы Хербига, Болрчука (1968); ● — наблюдения Венцеля, Фюртига (1967); ▲, ○ — данные из работ Артиповой (1971, 1975, 1982).

На рис.4 показано изменение блеска FG Sge в системе В на протяжении 1958–1980 гг. Все осреднения выполнены за сезон наблюдений; соответствующие средние оценки блеска приведены в таблице 3 (N — число оценок, вошедших в среднее). Как видно, наши данные хорошо согласуются с данными других авторов и подтверждают (для системы В) вывод о том, что монотонное возрастание блеска FG Sge прекратилось около 1960, 1967 и 1970 гг. в системах U, В и V соответственно, после чего началось падение блеска переменной — наибольшее в системе U и наименьшее в V. Небольшие расхождения между нашими данными и данными других авторов в некоторых случаях мы объясняем ограниченностью числа наблюдений и их распределением по фазам переменности.

Полученные нами оценки блеска FG Sge хорошо подтверждают также характер вековых изменений яркости этой переменной за период с 1890 по 1980 годы, выявленный по данным различных авторов (рис.5). В частности, подтверждается вывод о том, что блеск FG Sge на протяжении длительного времени возрастал со средней скоростью $\sim 0.06^m$ в год и увеличился на $\sim 4^m$. Однако, обращаем внимание на возможные скачкообразные изменения блеска около JD 2432000 и JD 2437000.

Очень желательна дополнительная информация о поведении блеска переменной *FG Sge* в отмеченное время.

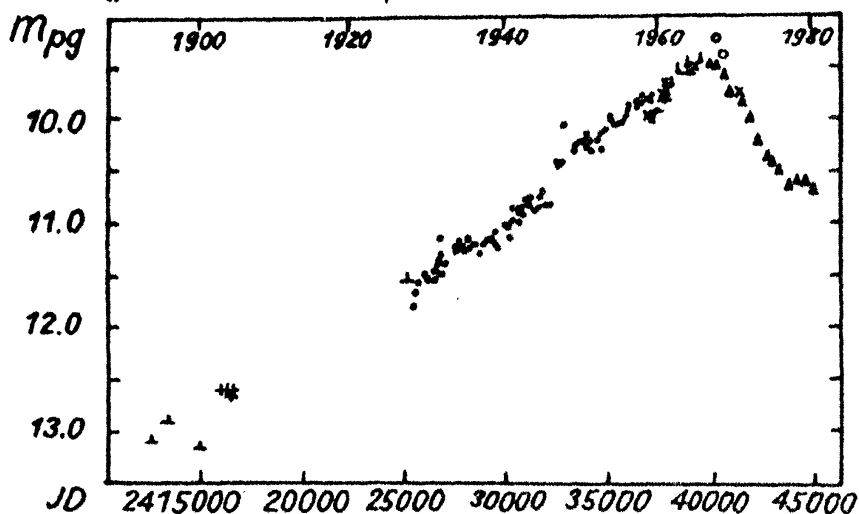


Рис.5. Вековые изменения блеска *FG Стрелы* за 1890–1980 г.

△, +, ● – данные различных авторов из работы Рихтера (1960); —●— наблюдения различных авторов из работы Хербига, Боярчука (1968); ◆ – наблюдения Венцеля, Фюртига (1967); ▲, ○ – данные из работ Архиповой (1971, 1975, 1982); × – наши данные.

Наши наблюдения подтверждают также наличие кратковременных вариаций блеска *FG Sge* непериодического характера (см. рис.2). Например, Венцель и Фюртиг (1967) указывают на изменения блеска продолжительностью 10–20^d с амплитудой $\sim 0^m.1 - 0^m.3$ в системе V. Среди наших наблюдений их примером могут быть изменения блеска в интервале JD 2436830–2436855.

Вместе с тем, в некоторые интервалы времени наблюдаются и периодические изменения блеска переменной *FG Sge*. Среди оценок блеска этой переменной, полученных по фотопластинкам Львовской стеклотетки, определены 11 индивидуальных максимумов и 5 моментов возможных максимумов. Опираясь на эти данные, мы попытались выявить возможные периодические изменения блеска в ряде наших наблюдений. В результате удалось установить, что:

1) в 1958 г. периодичность изменения блеска отсутствовала. Наблюдались глубокие узкие минимумы около JD 2436400, 2436450, 2436488 и вспышка около JD 2436483;

2) в период 1959–1961 г. на отдельных интервалах времени наблюдались хорошо выраженные квазипериодические изменения блеска, описываемые элементами:

$$\text{Max} = \text{JD } 2436729.^d_0 + 25.^d_7 \cdot E \\ \pm 0.8 \quad \text{для JD } 2436725 - 2436810,$$

$$\text{Max} = \text{JD } 2437171.^d_4 + 31.^d_2 \cdot E + 0.38 \cdot E^2 \\ \pm 0.3 \quad \text{для JD } 2437015 - 2437590.$$

Как видно, имеются некоторые указания на возможное возрастание периода со временем;

3) в 1965 г. наблюдались хорошо выраженные колебания блеска с периодом $\sim 55^d$. При этом спад блеска происходил значительно быстрее, чем его нарастание, а минимумы были чрезвычайно широкими;

4) в 1971–1973 гг. *FG Sge* имела хорошо выраженную периодичность изменения блеска. По нашим данным и данным Архиповой (1975) были найдены элементы

$$\text{Max} = \text{JD } 2441154.0 + 56^d.8 \cdot E \\ \pm 0.5$$

для JD 2441095–2442010.

Найденная величина периода совпадает со значением $P \approx 60^d$, найденным Папоушком (1972).

Колебания блеска *FG Sge* имеют не только переменную форму, но и переменный период. На рис.6 показана зависимость величины периода от времени. Верхняя прямая – предполагаемая средняя зависимость

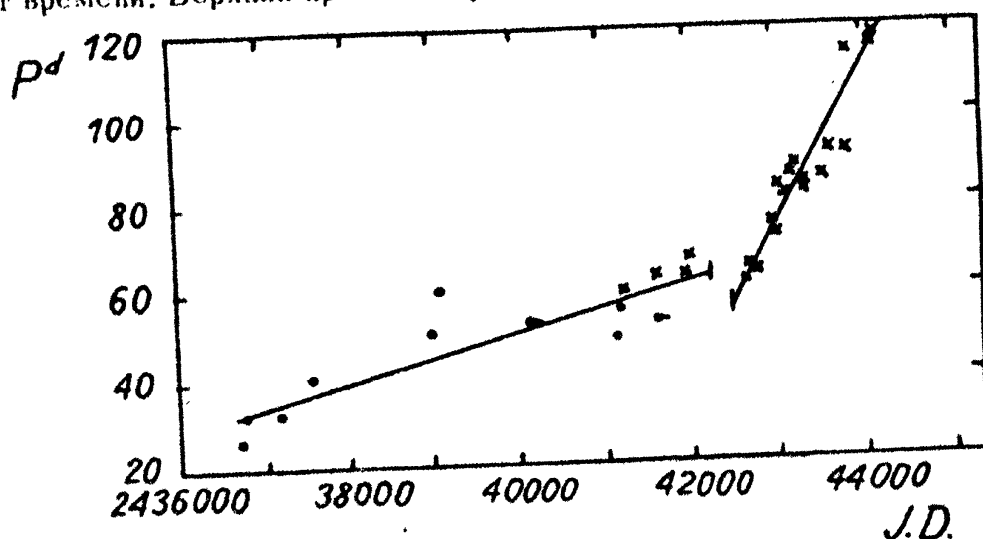


Рис.6. Изменение периода колебаний блеска *FG Стрелы* за 1958–1982 гг.: ● – наши данные; × – наблюдения Архиповой (1975, 1982); ○ – характерные времена, найденные нами при сопоставлении наших данных и наблюдений Архиповой (1971, 1975).

периода от времени, полученная Архиповой (1982), где отмечается, что она не может быть экстраполирована на более раннее время (теперь на рис.6 это хорошо видно). Нижняя прямая – предполагаемая средняя зависимость для интервала 1959–1973 г., которая может быть представлена уравнением

$$P = 0.0054535 \cdot [\text{JD} - 2400000] - 167^d.4.$$

Разброс точек на нижней прямой может указывать на колебания величины периода относительно линейной зависимости, но может иметь и более сложную природу. Однако, в любом случае средняя скорость воз-

растания периода на интервале 1975–1980 г. в несколько раз больше, чем на интервале 1975–1980 г. Следовательно, в течение некоторого времени период колебаний блеска *FG Sge* возрастал с ускорением. Заметим, что во время наибольшего изменения скорости возрастания периода в 1974 г. звезда почти не меняла свой блеск, т.е. какая-либо периодичность его колебаний отсутствовала (этот интервал на рис.6 мы выделили вертикальными черточками на концах прямых). В связи с этим примечательным является факт, что ускорение возрастания периода происходило при пересечении звездой на диаграмме спектр–светимость полосы неустойчивости (Архипова, 1982).

Таблица 1.

Звезда	V	B	B-V	St	m _B
a	8 ^m .52	8 ^m .49	-0 ^m .03	-1.0	8 ^m .49
b	9.34	9.36	+0.02	+5.0	9.36
c	8.68	9.87	+1.19	+9.0	9.87

Таблица 2.

Оценки блеска переменной *FG Стрелы*.

JD	m _B	JD	m _B	JD	m _B
24... d		24... d		24... d	
36350.435	9 ^m .90	36789.378	10 ^m .17	37174.365	9 ^m .77
369.464	9.92	789.389	10.17	174.385	9.82
395.459	9.96	791.475	10.17	178.354	9.82
398.452	10.00	793.411	10.11	178.361	9.88
399.497	10.14	805.364	9.92	190.420	9.92
404.508	9.90	835.385	10.07	190.427	9.92
426.376	9.94	837.427	9.96	191.413	9.92
427.412	9.97	849.296	9.92	192.385	9.88
451.383	10.24	852.372	9.96	192.396	9.88
453.415	10.02	896.268	9.96	193.385	9.82
455.376	9.94	896.322	9.96	193.396	9.88
478.306	9.94	898.304	9.96	194.466	9.82
482.365	9.85	898.320	10.02	197.333	9.82
483.294	9.77	37019.563	9.88	198.363	9.82
487.311	9.97	021.580	9.88	198.372	9.82
488.393	10.07	025.569	9.73	199.360	9.82
489.339	10.00	026.493	9.77	199.398	9.77
526.259	10.14	070.403	9.88	201.316	9.77
728.511	9.92	070.413	9.82	201.333	9.77
735.494	10.02	079.472	9.77	201.390	9.77
743.457	10.17	079.483	9.77	201.405	9.73
756.491	9.92	085.431	9.88	235.397	9.82
757.459	9.96	086.413	9.92	235.412	9.77
758.441	10.02	086.427	9.88	236.293	9.77
758.462	10.02	100.438	9.77	469.490	9.67
759.354	10.07	100.465	9.82	495.467	9.77
759.372	10.07	102.469	9.77	513.408	9.73
759.474	10.02	102.476	9.82	518.433	9.67
760.417	9.96	136.461	9.82	533.350	9.82
760.493	10.07	146.424	9.88	533.369	9.82
765.368	10.11	170.403	9.77	545.369	9.63
765.378	10.11	171.375	9.73	544.384	9.67
777.375	10.07	171.465	9.73	555.308	9.67
777.385	10.11	172.444	9.77	555.323	9.63
778.396	10.02	173.375	9.88	558.428	9.58
778.463	10.07	173.396	9.77	558.447	9.63

Таблица 2 (продолжение)

JD	m _B	JD	m _B	JD	m _B
24... d		24... d		24... d	
37560.346	9 ^m .48	38635.363	9 ^m .44	40111.381	9 ^m .51
562.392	9.58	635.380	9.44	148.315	9.38
562.412	9.58	934.462	9.63	41107.438	9.63
564.441	9.67	941.512	9.38	148.333	9.44
573.320	9.73	942.468	9.48	149.468	9.74
573.342	9.67	962.448	9.58	154.420	9.63
577.323	9.67	980.384	9.48	154.432	9.63
577.337	9.73	992.404	9.38	155.425	9.63
585.278	9.77	995.400	9.58	155.438	9.69
585.304	9.73	39001.446	9.67	156.464	9.69
871.366	9.63	002.375	9.67	156.477	9.63
871.385	9.73	004.407	9.67	157.463	9.69
908.464	9.58	035.258	9.63	157.480	9.69
908.480	9.63	051.366	9.48	166.444	9.69
911.414	9.63	056.294	9.44	166.456	9.74
918.459	9.58	058.280	9.63	183.379	9.84
941.354	9.73	285.424	9.44	183.391	9.88
941.368	9.73	289.435	9.38	218.328	9.74
38555.477	9.48	291.396	9.38	218.340	9.74
558.407	9.51	416.230	9.38	236.264	9.84
558.445	9.58	40025.424	9.51	236.274	9.84
584.442	9.38	025.444	9.51	567.290	9.83
617.433	9.38	111.367	9.51		

Таблица 3.

Среднегодовые значения блеска FG Стрелы.

Год ^{*)}	m _B	N
1958.6	9 ^m .98	18
1959.7	10.03	31
1960.5	9.82	47
1961.6	9.68	22
1962.7	9.65	8
1965.8	9.54	14
1971.6	9.72	18

^{*)} Осреднения за сезон 1964, 1966, 1968 и 1972 г. не проводились в связи с малым числом оценок блеска в указанные годы.

Литература.

- Архипова В.П., 1971, ПЗ 18, №2, 183.
Архипова В.П., 1975, ПЗ 20, №2, 143.
Архипова В.П., 1982, ПЗ 21, №5, 617.
Венцель, Фюртиг, 1967 — Wenzel W., Fürtig W., Sterne 43, 19.
Рихтер, 1960 — Richter G., AN 285, 274.
Хербиг, Боярчук, 1968 — Herbig G., Boyarchuk A., ApJ 153, 397.

Астрономическая обсерватория
Львовского университета

Поступила в редакцию
7 августа 1985 г.