

Переменные звезды 20, 143–151, 1975
Variable Stars 20, 143–151, 1975

FG Стрелы: фотометрические характеристики 1971–1975 г.

В. П. Архипова

Приводятся результаты фотоэлектрических UBV-наблюдений FG Sge за период 1971–1975. Наблюдения выполнялись в течение 64 ночей. За указанный период ослабление блеска звезды в системе U составило около 1^m , в B $\sim 0.^m6$. Дальнейшее покраснение FG Sge равно $0.^m5$ в показателе цвета B–V и $0.^m3$ в U–B. Квазипериодические колебания блеска с $P \sim 60^d$ наблюдались в J.D. 2441590–620, 41920–42000. Зависимость блеска от цвета при таких колебаниях полностью совпадает с аналогичной зависимостью для вековых изменений и обусловлена изменениями температуры. Перемещение звезды на двухцветной диаграмме продолжалось вдоль линии сверхгигантов до 1973 г., после чего наблюдался уход вправо от этой линии. По различным спектральным индикаторам спектральный класс звезды получается различным, причем наиболее поздний спектр дает показатель цвета $(B-V)_0$. Это расхождение вызвано пекулярным линейчатым спектром FG Sge, появившемся в 1969 и усиливавшимся в 1970–72 гг.

FG Sagittae: The Photometric Properties in 1971–1975

by V. P. Archipova

The results of photoelectric UBV-observations of FG Sge during 64 nights in 1971–75 are given in Table 1. The decrease of the star brightness was found to be of about 1^m in the U-region and of $\sim 0.^m6$ in the B one. The further reddening of the star is equal to $0.^m5$ in B–V and $0.^m3$ in U–B (table 2). The quasiperiodic brightness variations with period of about 60 days were noticed in JD 2441590–620, 41920–42000. The colour-magnitude diagram of such variations is completely similar to that of secular brightness change. Semiregular variations as well as the non-periodic changes are caused by the variations in the temperature of the star.

The track of the star in the two-colour diagram lays close to the supergiant line up to 1973, after that it is above this line, due to the peculiar line spectrum of FG Sge.

The spectral classes of FG Sge determined by various spectral indicators are different; the latest class is derived from the colour index B–V.

На Крымской станции ГАИШ с осени 1967 г. ведутся систематические фотометрические и спектральные наблюдения необычной переменной звезды FG Стрелы, находящейся в центре старой планетарной туманности He 1–5. Фотометрические наблюдения выполняются в кассегреновском фокусе 60-см рефлектора с помощью UBV-фотометра, ра-

ботающего в режиме счета фотонов. О результатах 1967–70 гг. подробно сообщалось в работе Архиповой (1971). Краткие результаты наших наблюдений 1971–74 гг. были опубликованы (Архипова, 1972; Архипова, Ганбаров, 1973; Архипова, 1975).

В таблице 1 приводятся все фотозлектрические UBV-наблюдения FG Sge, полученные нами за период 1971–1975 гг. Каждое значение V, B–V, U–V представляет собой среднее за ночь, составленное из нескольких индивидуальных оценок, число которых указано в последнем столбце таблицы 1. Все наблюдения выполнены с диафрагмой фотометра 27", вклад туманности не исключался. Оценка последнего дана в работе Архиповой (1971). Точность величин V и B–V с учетом точности редуций к стандартной фотометрической системе UBV составляет $\pm 0.^m005$, показателя цвета U–V – $\pm 0.^m010$.

Вследствие систематического сильного покраснения FG Sge в 1972 г. проведена замена основной звезды сравнения j звездой $x = BD + 19^\circ 4319$, по цвету существенно приближающейся к FG Sge. В качестве контрольной используется звезда j . Карта окрестностей с указанием всех звезд сравнения, приводится на рис. 1. Величины UBV $BD + 19^\circ 4319$, полученные путем привязки к звездам сравнения j и $HD 191946 = a$, составляют: $V = 8.68$, $B - V = +1.19$, $U - V = +1.18$. Наблюдения со звездой сравнения x позволяют не учитывать в настоящее время селективного поглощения света, связанного с различием цветов переменной и звезды сравнения, т. к., начиная с 1972 г., $\Delta(B - V) \leq 0.2$, $\Delta(U - V) \leq 0.3$.

Следует отметить, что нами не обнаружено, как и ранее (Архипова, 1968), быстрых изменений блеска FG Sge с амплитудой, превы-

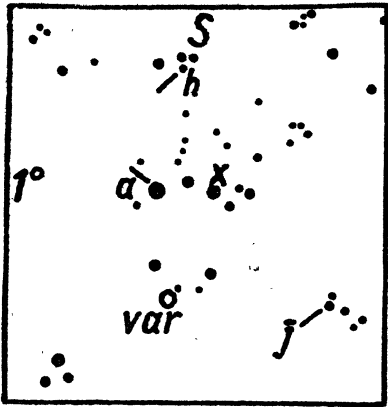


Рис. 1. Карта окрестностей FG Sge.

шающей $0.^m01$, и с характерным временем от 3 минут до нескольких часов. Такие флуктуации отмечались, например, Маффеем и Мартини (1969). Иллюстрацией сходимости индивидуальных оценок блеска и точности наших наблюдений может служить рис. 2, где приведены отрезки кривых блеска за несколько дат 1971 года. По оси абсцисс отложено звездное время наблюдения, по оси ординат – разности блеска между FG Sge и звездой сравнения j .

Данные таблицы 1 графически представлены на рис. 3. Несмотря на сильные колебания блеска, обращает внимание дальнейшее сильное покраснение

звезды с 1971 к 1975 гг. Оно составляет $\sim 0.^m5$ в показателе цвета B–V и около $0.^m3$ в U–V. В целом, за период фотозлектрических наблюдений (с 1960 г., см. Хербиг, Боярчук, 1968), показатели цвета B–V и U–V FG Sge увеличились, примерно, на $1.^m$.

Средние значения блеска в системе V и показателей цвета B–V и U–V за каждый год наблюдений приводятся в таблице 2, где n означает число ночей.

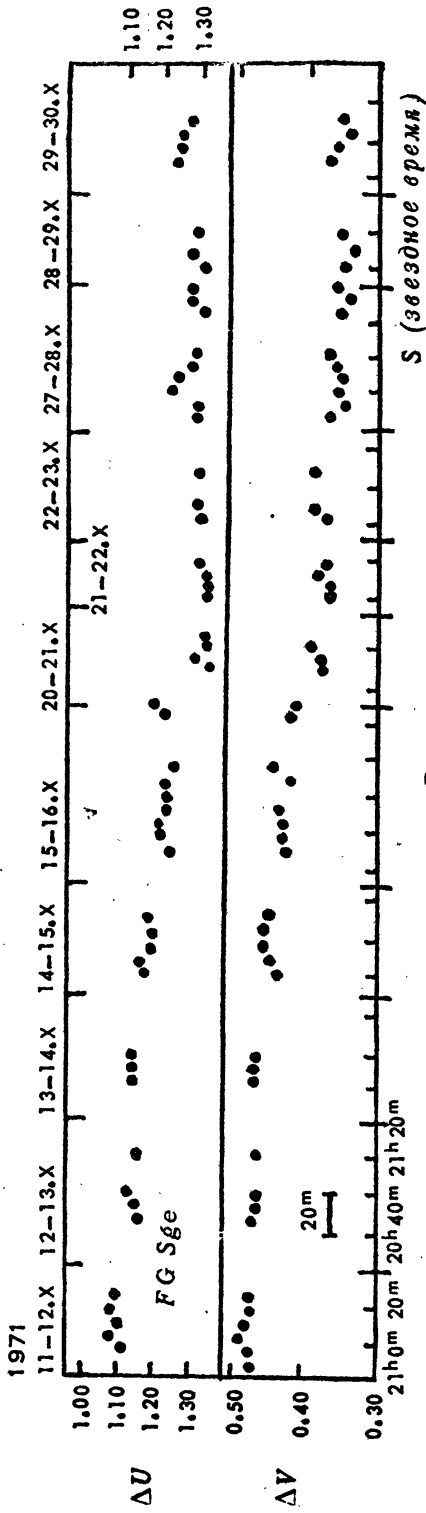


Рис. 2.

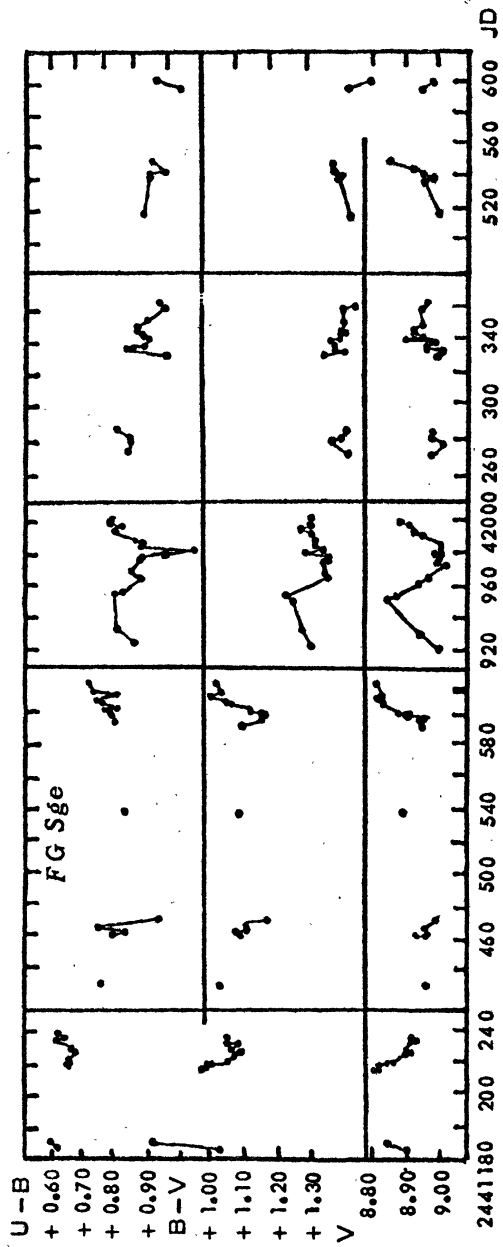


Рис. 3. Кривая блеска FG Sge в 1971 - 75 гг.

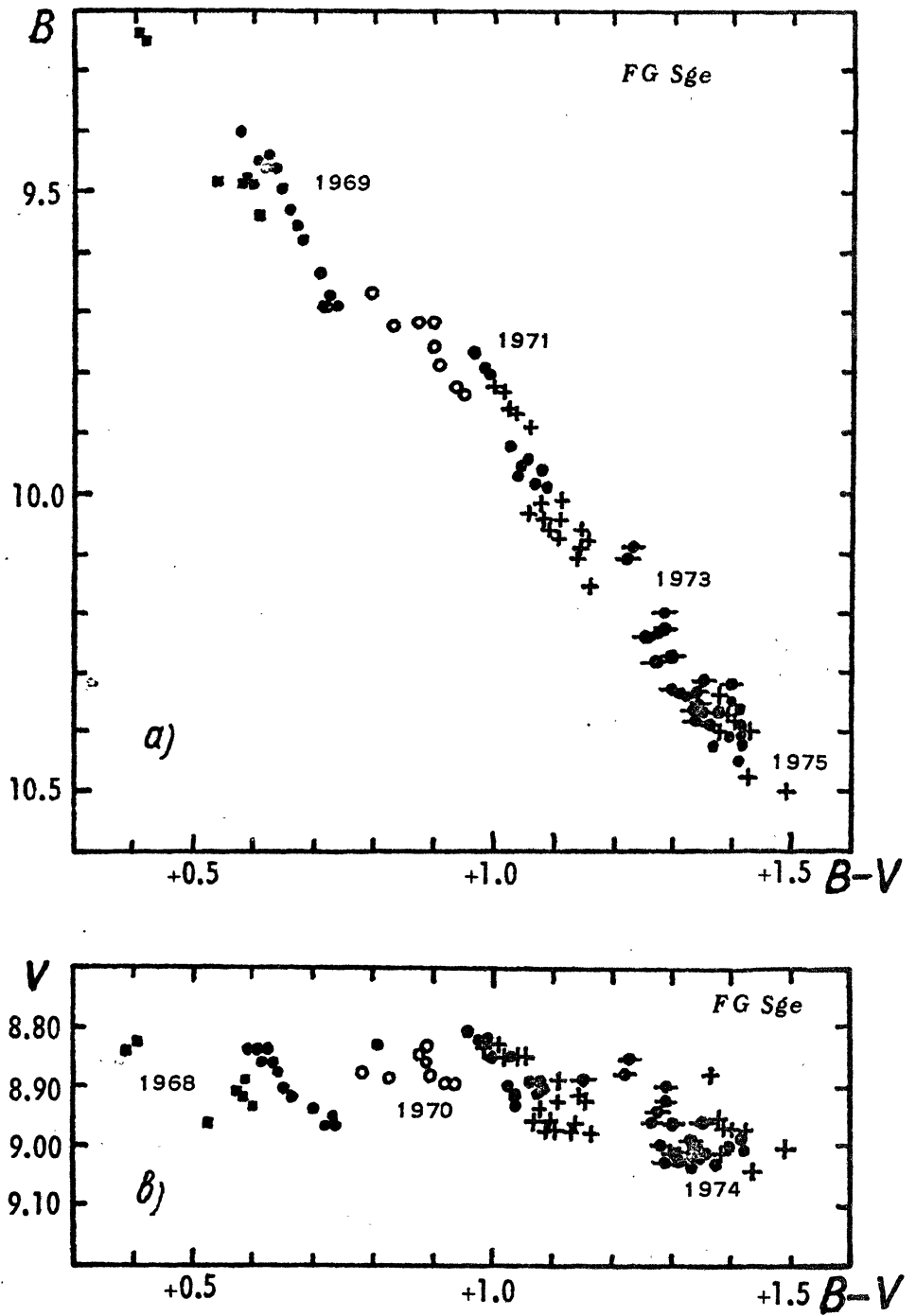


Рис. 4 а) и б). Корреляция $B - (B-V)$ (а) и $V - (B-V)$ (б).

Покраснение FG Sge обусловлено изменением распределения энергии в спектре, при котором максимум распределения медленно перемещается в длинноволновую область спектра. В 1971–75 гг. максимум приходился на видимую область и распределение энергии соответствовало вначале звезде F, а затем звезде раннего подкласса G. За рассматриваемый промежуток времени ослабление блеска FG Sge в области U составило почти 1^m , в B — $\sim 0.6^m$, в области V — около 0.2^m . Корреляция блеска в системе B и показателя цвета B–V показана на рис. 4, где нанесены также данные за 1967–70 гг. по нашим наблюдениям. Корреляция V, B–V выражена существенно слабее из-за того, что максимум излучения, как отмечалось выше, находился в 1971–75 гг. в полосе V.

Колебания блеска, связанные с неправильной или полуправильной переменностью FG Sge, отмечавшиеся всеми наблюдателями (Рихтер, 1960; Кукаркин, 1960; Венцель, Фюртиг, 1967, 1971), присутствуют в наших наблюдениях. Хорошо выражены ветви колебаний в JD 2441590–620, 41920–42000. Амплитуда колебаний увеличивается с уменьшением длины волны. Папоушек (1972) отметил присутствие периода в 1971 г., равного 60^d . Волна с тем же периодом наблюдалась и в 1973 г., что видно на рис. 3. Подобные квазипериодические колебания блеска, как было показано ранее (Архипова, 1971), можно полностью объяснить колебаниями температуры звезды. Изменения блеска и цвета при таких колебаниях хорошо следуют общей зависимости между светимостью и температурой, характеризующей вековое изменение FG Sge, следствием которой является рис. 4. Таким образом, изменения температуры звезды объясняют как вековую, так и квазипериодическую переменность блеска FG Sge.

Следует обратить внимание на тот факт, что в рассматриваемый период FG Sge проходила через полосу нестабильности на диаграмме цвет–светимость (рис. 5). Визуальные абсолютные величины звезды получены так же, как и ранее (Архипова, 1973); наблюдаемые показатели цвета исправлены за межзвездное поглощение света с E (B–V) = 0.40 (Хербиг, Боярчук, 1968).

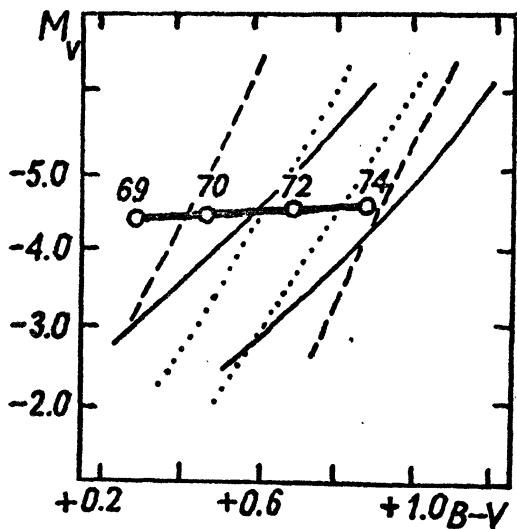


Рис. 5. Диаграмма цвет–абсолютная визуальная величина. Положение полосы нестабильности цефеид дано по Крафту (.....), Ферни (—), Сендиджу и Тамману (-----).

Перемещение звезды на двухцветной диаграмме показано на рис. 6, где нанесены также среднегодовые показатели цвета FG Sge в 1962–66 гг. по Венцелю и Фюртигу (1971) и в 1967–70 гг. по нашим данным. Звезда продолжала следовать вдоль линии нормальных цветов сверхгигантов, однако, начиная с 1973 г., наблюдается заметное отклонение вправо от этой линии. Отклонение, вероятно, вызвано аномалиями спектра FG Sge, появившимися в 1969 г. и постепенно усиливавшимися (Лангер, Крафт, Андерсон, 1974).

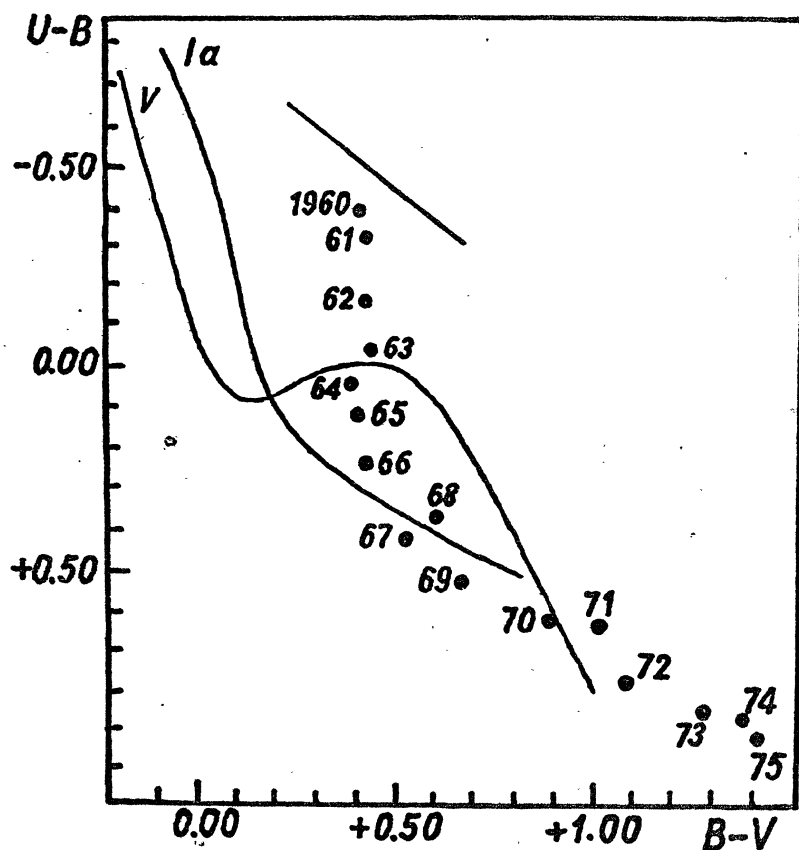


Рис. 6. Трек FG Sge на двухцветной диаграмме.

Спектральный класс FG Sge за период 1971–75 гг. претерпел существенные изменения. Систематическое изучение спектра звезды на Ликской обсерватории, проводимое с 1969 г. в фокусе куде с дисперсией $8 \text{ \AA}/\text{мм}$ (Крафт, 1974), показало, что у звезды наблюдается быстрое изменение химического состава ее атмосферы, обусловленное перемешиванием. В 1969–72 гг. содержание s-элементов Y, Zr, La, Ce увеличилось более, чем в 10 раз, резко усилились линии элементов пика Fe. Спектральный класс звезды по разным спектральным индикаторам получается теперь различным. По эквивалентной ширине линии H_{α} и континууму Лангер, Крафт и Андерсон получили в 1971 г. спектральный класс F4, в 1972 г. – F6r. По показателям цвета B–V и U–B спектральный класс оказывается более поздним. Так, в 1971 г. нормальный показа-

тель цвета В-V звезды соответствовал спектральному классу F8, а по наблюдениям 1974 года В-V дает спектральный класс G5! Расхождения спектра и цвета, по-видимому, связаны с аномальной интенсивностью спектральных линий пекулярной звезды.

Сводка определений спектрального класса FG Sge за период 1971–1975 гг. по разным спектральным индикаторам приводится в таблице 3. Данные о спектре по континууму и линиям взяты из работы Лангера и др. (1974).

В заключение подведем итоги фотометрического изучения FG Sge в 1971–75 гг.:

1. Звезда продолжала охлаждаться, что выразилось в дальнейшем покраснении ее излучения в полосах системы UBV и увеличении показателя цвета В-V на 0.5^m в сравнении с 1970 г.

2. Блеск звезды падал во всех полосах системы UBV. Из-за перемещения максимума энергии излучения в длинноволновую область спектра увеличение блеска теперь наблюдается лишь в красной и инфракрасной области.

3. Переменность блеска с характерным временем в несколько десятков дней (квазипериодическая) и несколько дней (неправильная) продолжает наблюдаться у FG Sge. Изменения блеска имеют большую амплитуду в коротковолновой области спектра и связаны с изменениями температуры.

4. Перемещение звезды на двухцветной диаграмме В-V, U-V наблюдалось вдоль линии сверхгигантов Ia, однако с 1973 г., звезда отклонилась вправо вверх от этой кривой. С 1970 г. интегральные фотометрические характеристики спектра – показатели цвета $(B-V)_0$ и $(U-V)_0$ дают более поздний спектральный класс, чем спектральная классификация звезды в системе МК. Это связано с особенностями спектра поглощения FG Sge, позволяющими в настоящее время отнести ее к звездам Fp и Gp. Положение звезды на двухцветной диаграмме отражает эволюцию не только непрерывного, но и пекулярного абсорбционного спектра FG Sge.

5. На диаграмме цвет-светимость в 1971–75 гг. звезда продолжала эволюционировать вправо почти при постоянной или слегка возрастающей светимости, имея M_v около -4.5^m , и проходила через полосу неустойчивости в рассматриваемый период.

Таблица 1

Наблюдения FG Sge в 1971–75 гг.

JD	Дата	V	B-V	U-V	n	JD	Дата	V	B-V	U-V	n
2441	1971					2441	1972				
186.46	22-23.VIII	8.90	+1.02	+0.62	5	427.54	19-20.IV	8.95	1.02	0.76	3
191.40	27-28.IX	8.83	0.81	0.60	2	460.52	21-22.V	8.93	1.08	0.79	1
236.25	11-12.X	8.80	0.96	0.65	6	461.52	22-23.V	8.95	1.07	0.84	2
237.25	12-13.X	8.81	0.98	0.66	4	462.51	24-25.V	8.96	1.10	0.75	2
238.23	13-14.X	8.81	0.99	0.65	3	463.51	25-26.V	8.95	1.10	-	1
239.23	14-15.X	8.83	1.00	0.66	5	468.49	30-31.V	8.98	1.16	0.93	1
240.31	15-16.X	8.84	1.03	0.66	8	536.37	6-7.VIII	8.89	1.08	0.83	2
245.26	20-21.X	8.89	1.07	0.68	4	590.35	30.IX-1.X	8.96	1.09	0.80	2
246.26	21-22.X	8.90	1.08	0.66	4	594.24	3-4.X	8.95	1.14	0.79	3
247.36	22-23.X	8.89	1.05	0.68	3	595.24	4-5.X	8.96	1.14	0.79	4
252.29	27-28.X	8.91	1.07	0.61	6	596.20	5-6.X	8.92	1.15	0.80	3
253.36	28-29.X	8.92	1.04	0.65	6	597.20	6-7.X	8.91	1.14	0.78	2
254.24	29-30.X	8.91	1.04	0.62	4	598.41	7-8.X	8.92	1.11	0.76	2

Таблица 1 (продолжение)

JD 24...	Дата 1972	V	B-V	U-V	n	JD 24...	Дата 1974	V	B-V	U-V	n
41599.20	8-9.X	8.89	1.11	0.81	3	42197.51	29-30.V	9.25:	+1.21:	+0.90:	1
604.22	13-14.X	8.84	1.05	0.75	3	269.35	9-10.VIII	8.99	1.41	0.84	2
605.25	14-15.X	8.84	1.03	0.74	3	277.34	17-18.VIII	9.03	1.37	0.85	2
608.37	17-18.X	8.82	0.99	0.81	4	278.40	18-19.VIII	9.00	1.40	0.85	2
609.34	18-19.X	8.84	1.02	0.73	3	282.37	22-23.VIII	9.00	1.41	0.81	2
618.32	27-28.X	8.82	1.01	0.71	3	330.35	9-10.X	9.01	1.34	0.95	3
	1973					333.35	12-13.X	9.03	1.41	0.84	1
775.54	2-3.IV	8.89	1.15	0.86	2	334.35	13-14.X	8.98	1.38	0.86	2
919.40	24-25.VIII	9.02	1.30	0.86	2	335.18	14-15.X	8.98	1.38	0.89	3
929.33	3-4.IX	8.95	1.27	0.80	2	340.38	19-20.X	9.01	1.37	0.91	1
951.30	25-26.IX	8.85	1.23	0.80	2	341.40	20-21.X	8.91	1.40	0.89	1
952.28	26-27.IX	8.88	1.22	0.82	2	342.38	21-22.X	8.97	1.40	0.89	1
962.30	6-7.X	8.96	1.35	0.89	2	344.17	23-24.X	8.94	1.41	0.88	2
966.25	10-11.X	8.99	1.34	0.85	2	345.17	24-25.X	8.94	1.40	0.88	2
973.27	17-18.X	9.03	1.34	0.87	4	350.23	29-30.X	8.97	1.41	0.90	3
974.26	18-19.X	9.01	1.35	0.88	2	359.18	7-8.XI	8.97	1.41	0.96	2
975.23	19-20.X	9.01	1.35	0.87	3	362.19	10-11.XI	8.98	1.44	0.94	3
978.30	22-23.X	9.02	1.34	0.96	1		1975				
979.31	23-24.X	9.00	1.28	1.05:1		42507.58	4-5.IV	9.20	1.41	-	1
980.29	24-25.X	9.02	1.34	0.87	3	518.50	15-16.IV	9.04	1.43	0.89	2
982.26	26-27.X	9.02	1.31	0.88	3	541.48	8-9.V	8.97	1.39	0.91	2
985.25	29-30.X	9.02	1.31	0.88	3	542.48	9-10.V	8.97	1.40	0.91	2
991.23	4-5.XI	8.96	1.30	0.80	2	543.54	10-11.V	9.01	1.38	0.96	2
993.23	6-7.XI	8.94	1.28	0.83	4	546.49	13-14.V	8.95	1.38	0.94	2
997.26	10-11.XI	8.92	1.29	0.79	5	551.47	18-19.V	8.88	1.37	0.91	1
998.29	11-12.XI	8.90	1.29	0.80	5	596.37	2-3.VII	8.97	1.42	1.01	3
						601.35	7-8.VII	9.00	1.50	0.93	2

Таблица 2

Среднегодовые фотометрические характеристики FG Sge

Год	n	V	B-V	U-V	Год	n	V	B-V	U-V
1971.8	13	8.86	+1.01	+0.65	1974.7	17	9.00	1.38	0.88
1972.7	19	8.91	1.08	0.79	1975.4	9	9.00	1.41	0.93
1973.8	19	8.97	1.29	0.86					

Таблица 3

Индикаторы спектра:

Год	континуум	линии	(B-V) ₀
1970	-	F2p	F5
1971	F4	F5p	F8
1972	-	F6p	G0
1973	-	-	G2
1974	-	-	G5

Литература:

- Архипова В. П., 1968, АЖ 45, 1312.
 Архипова В. П., 1971, ПЗ 18, №2, 183.
 Архипова В. П., 1972, АЦ №679.
 Архипова В. П., 1973, Мем. Soc. Roy. Sci. de Liège 6, V, 477.
 Архипова В. П., Ганбаров А. А., 1973, АЦ №765.
 Архипова В. П., 1975, АЦ №853.
 Венцель, Фюртиг, 1967 -Wenzel W., Fürtig W., Sterne 43, 19.

- Венцель, Фюртиг, 1971 – Wenzel W., Furtig W., MVS 5, Heft 9, 165.
 Крафт, 1971 – Kraft R.P., Sky and Tel. 48, №1, 18.
 Кукаркин Б.В., 1960 – АЦ №209.
 Лангер, Крафт, Андерсон, 1974 – Langer G.E., Kraft R.P., Anderson K.S., ApJ 189, 509.
 Маффей, Мартини, 1969 – Maffei P., Martini A., Mem. Soc. Astron. Ital. vol. XI, fasc. 2, 115.
 Папоушек, 1972 – Papoušek J., IBVS №646.
 Рихтер, 1960 – Richter G., AN 285, 274.
 Хербиг, Боярчук, 1968 – Herbig G.H., Boyarchuk A.A., ApJ 153, 397.

Гос. Астрономический ин-т
 им. П. К. Штернберга
 Москва

*Поступила в редакцию
 29 августа 1975 г.*