

УДК: 524.335.54

Ае-ЗВЕЗДА ХЕРБИГА Lk H₂ 233 И СВЯЗАННАЯ С НЕЙ КОМПАКТНАЯ ОБЛАСТЬ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ

А. В. ЧЕРНЫШЕВ, В. С. ШЕВЧЕНКО

Поступила 2 марта 1988

Принята к печати 22 апреля 1988

На основе 270 фотозаписей *UBVR*-наблюдений 1983—1986 гг. получена кривая блеска Ае-звезды Хербига Lk H₂ 233. На кривой блеска видны крупномасштабные изменения ($0^m.5$ — $0^m.7$ за 1—3 недели) и мелкомасштабная ($\sim 0^m.1$) переменность. Получены также *UBVR*-величины Lk H₂ 230, 231, 232 и еще 17 звезд в области Lk H₂ 233. Расстояние до компактной области звездообразования, связанной с Lk H₂ 233—660 пк. Lk H₂ 233 имеет светимость, соответствующую нормальному карлику A2V.

1. *Введение.* Lk H₂ 233 была одной из первых 26 звезд, выделенных Хербигом [1] в подкласс эмиссионных звезд ранних спектральных классов, ассоциированных с туманностями и названных впоследствии Ае/Ве звездами Хербига. Хербиг обратил внимание также на компактную группу эмиссионных звезд Lk H₂ 230, 231, 232, расположенных в том же облаке, что и Lk H₂ 233. Это небольшое темное облако содержит также в окрестностях несколько ярких неэмиссионных звезд ранних спектральных классов, которые, возможно, являются членами О-ассоциации Lacerta 1. Ближайшей к облаку является звезда HD 213976 (Sp B1. 5 V = $7^m.0$).

Светлая отражательная туманность биконической формы, связанная с Lk H₂ 233, имеет четко выраженные очертания, напоминающие букву «Х». Туманность обозначена в каталоге кометарных туманностей Парсамьян и Петросян [2] как PP 103 и подробно описана Хербигом [1]. На Паломарском атласе вплотную к изображению PP 103 примыкают еще 2 туманности сходного размера.

Хербиг отметил на целевой спектрограмме яркую эмиссионную линию O II λ 3727, принадлежащую туманности, сильную эмиссию в H₂, слабую абсорбционную линию K Ca II и отнес звезду к спектральному классу A7. Позднее в обзоре Хербига и Рао [3] на основе данных Дибая и Зайцевой [4] была заподозрена переменность блеска Lk H₂ 233, и звез-

да занесена в Новый каталог заподозренных переменных под номером NSV 14227 с амплитудой $0^m.5V$ и типом переменности Is. Однако систематических исследований переменности блеска этой звезды, по-видимому, не проводилось, хотя в литературе опубликовано несколько фотоэлектрических оценок блеска Lk H₂ 233 в системе *UBV*. Очень важна сценка светимости Lk H₂ 233, для чего нужна определенность в расстоянии. В настоящей работе поставлена задача исследования переменности блеска Lk H₂ 233 = NSV 14227 и *UBVR*-фотометрия группировки звезд, связанной с Lk H₂ 233, с целью определения расстояния и светимости.

2. Наблюдения велись на горе Майданак с 1983 г. на 600-мм рефлекторе Цейсса с фотометром на счете импульсов в Высокогорной Майданакской экспедиции АИ АН УзССР, аппаратура описана в работе Шевченко [5] и Килячкова и Шевченко [6]. Всего за наблюдательный период 1983—1986 гг. получено 270 измерений. Измерения проводились 1 раз в ночь. В качестве стандартов использовались фотоэлектрические величины звезд в площадках Ландольта [7]. Наш цвет *V—R* может иметь систематическую ошибку до $0^m.03$, цвет (*U—B*) определен с большей погрешностью, но ошибка в (*U—B*) не превосходит $\pm 0^m.15$.

3. Результаты фотоэлектрических наблюдений Lk H₂ 233. На рис. 1а, б приведены участки кривых блеска Lk H₂ 233. В конце июня—начале июля 1983 г. в течение 15 суток наблюдался спад на кривой блеска с максимальной амплитудой $12^m.93—13^m.75V$. В табл. 1 приведены величины *V* и показатели цвета *U—B*, *B—V* и *V—R* для двух участков кривой блеска, где наблюдались максимальные изменения блеска и цвета. До 11 июня 1983 г. измерения не велись и, по-видимому, мы наблюдали только конечный этап более крупномасштабного изменения блеска Lk H₂ 233. В сентябре-октябре 1984 г. наблюдался продолжительный подъем блеска меньшей амплитуды ($\Delta V \approx 0^m.25$). В последующие годы (1985, 1986) крупномасштабных изменений не наблюдалось, хотя в целом уровень блеска *V* в 1986 г. у Lk H₂ 233 был на $0^m.05+0^m.1$ выше, чем в 1985 г.

Мелкомасштабные изменения звезд носят сложный характер. В отдельные периоды продолжительностью около 1—2 месяцев блеск звезды успокаивается и достигает минимальной амплитуды (как правило, не более $0^m.1$). В эти эпохи можно заподозрить квазициклические изменения с периодами в 3÷5 суток. Поиск периода методом анализа фурье-спектра [8], проведенный на ЭВМ ЕС-1033, указал на период 5 суток с небольшой вероятностью ($\sim 70\%$). В другие сезоны амплитуда переменности

увеличивается до $0^m.3$ и 5-суточная периодичность становится совсем незаметной. В эти сезоны наблюдаются также локальные подъемы и спады на кривой блеска. Существуют также участки кривой блеска, где переменность становится незаметной, т. е. звезда постоянна. Такие участки могут продолжаться до 1 месяца (см. рис. 1).

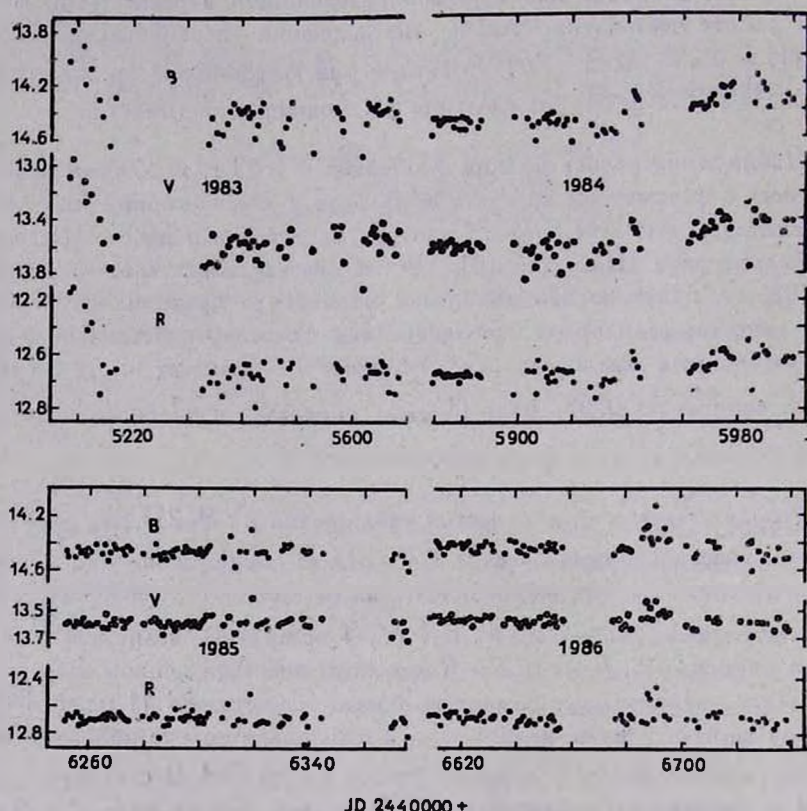


Рис. 1. Кривая блеска звезды Lk H α 233 в лучах BVR.

По результатам Дибая и Зайцевой [4] 12/13 сентября 1967 г. Lk H α 233 имела блеск $V = 13^m.58$, $B - V = 0^m.88$, $U - B = 0^m.86$ и 12/13 октября 1967 г. $V = 14^m.06$, $B - V = 0^m.88$, $U - B = 0^m.58$. Дибай [9], видимо, усреднил эти результаты.

Таким образом, у звезды существует как крупномасштабная, так и мелкомасштабная переменность, и с учетом определения Дибая и Зайцевой [4] полную амплитуду переменности Lk H α 233 можно определить как $12^m.93 - 14^m.06$ V.

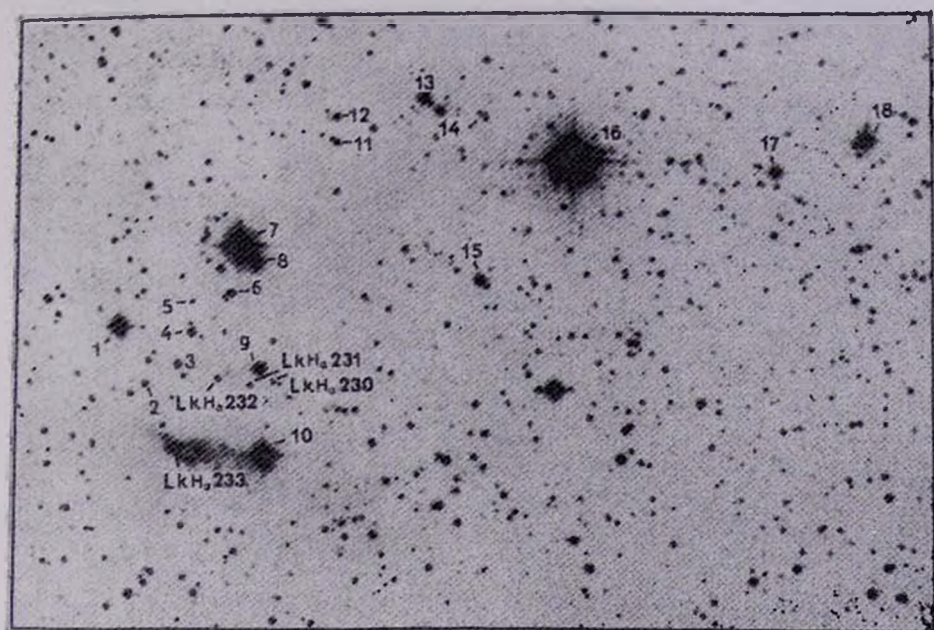


Рис. 2. Карта окрестностей звезды LkH 233 (репродукция с красной карты POSS). Размер кадра $20' \times 29'$.

К ст. А. В. Чернышева, В. С. Шевченко

4. Спектр Lk H₂ 233 исследовалась в нескольких работах. Помимо сильных линий H₂ и O II λ 3727, найденных Хербигом [1], Коэн и Кухи [10] из сканерных наблюдений обнаружили эмиссию OI в λ 6300 Å, оп-

Таблица 1

UBVR-ЭЛЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗДЫ Lk H₂ 233

JD 2440000+	V	U-B	B-V	V-R	JD 2440000+	V	U-B	B-V	V-R
5497.406	13.08	—	0.94	0.94	5568.336	13.57	1.13	0.76	0.92
5498.426	12.94	0.01	0.84	0.83	5574.259	13.61	1.54	1.01	0.96
5502.422	13.11	—	0.79	0.87	5575.275	14.02	—	0.64	0.87
5503.430	13.26	—	0.93	0.84	5576.304	13.66	0.59	0.85	0.84
5505.426	13.20	—	0.87	0.84	5577.262	13.56	0.49	0.89	0.86
5508.422	13.39	—	0.91	0.49	5578.288	13.47	0.92	0.86	0.81
5509.398	13.57	0.17	0.86	0.89	5586.328	13.63	-0.06	1.08	0.80
5512.418	13.75	—	0.90	1.02	5588.270	14.24	1.61	0.93	0.84
5514.414	13.52	1.25	0.77	0.81	5594.263	13.44	0.16	0.93	0.78
5546.394	13.74	0.53	0.35	0.87	5595.236	13.51	0.43	0.89	0.81
5548.325	13.72	0.98	0.92	0.91	5596.202	13.45	0.85	1.00	0.74
5549.225	13.52	0.38	0.92	0.79	5597.302	13.72	0.21	0.82	0.94
5551.268	13.74	0.45	0.81	0.93	5604.202	13.91	-0.02	0.82	0.03
5553.242	13.65	—	0.91	0.74	5605.187	13.56	0.73	0.93	0.79
5555.345	13.60	0.60	0.88	0.83	5606.220	13.57	—	0.77	0.89
5556.234	13.54	0.57	0.85	0.83	5607.152	13.50	-0.05	0.87	0.77
5557.230	13.52	0.01	0.82	0.83	5608.227	13.47	0.12	0.92	0.74
5559.235	13.69	0.67	0.69	0.85	5609.363	13.52	0.64	0.84	0.79
5560.279	13.57	0.68	0.83	0.84	5610.221	13.65	0.44	0.77	0.92
5561.322	13.57	0.42	0.82	0.90	5611.190	13.43	0.38	0.98	0.78
5562.372	13.49	0.28	0.88	0.82	5612.272	13.53	-0.18	0.87	0.85
5563.402	13.60	0.86	0.83	0.86	5613.275	13.54	—	0.85	0.80
5564.389	13.55	0.68	0.85	0.78	5614.287	13.57	-0.38	0.74	0.69
5565.327	13.70	—	0.89	0.71	5616.221	13.66	0.58	0.75	0.77
5566.413	13.59	0.82	0.90	0.84	5617.236	13.49	0.06	0.98	0.72
5567.349	13.73	0.76	0.66	0.95	5701.133	13.68	0.50	0.87	0.99

ределили эквивалентную ширину H₂ ($EW_{\lambda}H_2 = 18 \text{ Å}$) и подтвердили спектральный класс A7. Такое же значение спектра приведено в работе Кальви и Коэна [11]. В работах [10, 11] приведено значение $A_V = 2^m56 \pm 0.19$ ($\lg L = 2.08$). Дибай [9] нашел $E_{B-V} = 0^m69$ и, приняв $R = 3.3$, получил $A_V = 2^m28$. Мы получили близкое значение $A_V =$

$\approx 2^m66$. Полученное Q -методом значение $(B - V)_0 = 0^m09$ соответствует спектральному классу АЗ.

Интересно отметить, что из-за относительно высокой галактической широты ($b = -15^\circ 16'$ Lk H₂ 233 в обзоре Маркаряна и др. [12] была причислена к галактикам (номер 914).

Это побудило Танигучи и Тамуру [13] провести дополнительное исследование спектра Lk H₂ 233 = Mark 914. Танигучи и Тамура приводят репродукцию спектра Lk H₂ 233 в областях 0.36—0.50 мкм и 0.50—0.70 мкм, отмечают наличие эмиссионных линий H₂ средней интенсивности, а также возможность наличия эмиссии в линии 5183 (Ca I или Mg II по мнению авторов). Вместе с тем, линия K Ca II на спектрограммах Танигучи и Тамуры по интенсивности составляет менее 0.5 бленды H₂ + Ca II H, что дает основание отнести Lk H₂ 233 по этой спектрограмме к спектральному классу А2 (если, конечно, линия K Ca II не содержит слабой эмиссии). Не исключено также, что существует переменность спектрального класса, как и у других Ae/Be звезд Хербига.

5. Распределение энергии в спектре (РЭС) Lk H₂ 233 можно проанализировать на основе наших UBVR I' -наблюдений (несколько измерений в системе i , редуцированной в I' , проведено в 1983 г., (о системе i см: [11]), а также измерений в инфракрасной области спектра Коэна [15] и Лоренцетти и др. [16]. Ниже приводятся значения РЭС в фотометрических полосах системы Джонсона и Коэна [15], по нашим данным и по данным [15, 16] для Lk H₂ 233 и звезды АЗ V, покрасневшей по нормальному закону. Из табл. 2 видно, что у Lk H₂ 233 наблюдается систематический ИК-избыток в излучении, достигающий уже в области 2.2 мкм 2^m9 . а в

Таблица 2

БЛЕСК Lk H₂ 233 ПО СРАВНЕНИЮ С КАРИКОМ АЗ V,
ПОКРАСНЕВШИМ ПО НОРМАЛЬНОМУ ЗАКОНУ ($A_V = 2^m66$)

Фильтр	Lk H ₂ 233	A3V + A_V	Фильтр	Lk H ₂ 233	A3V + A_V
<i>U</i>	15.24	15.20	<i>K</i>	8.3	11.18
<i>B</i>	14.54	14.54	<i>L</i>	6.1	10.98
<i>V</i>	13.66	13.66	<i>M</i>	5.5	10.89
<i>R</i>	12.62	12.92	[8, 6 мкм]	3.2	—
<i>I</i>	11.80	12.23	<i>N</i>	3.0	—
<i>J</i>	11.2	11.66	[18 мкм]	0.1	—
<i>H</i>	10.0	11.43			

области 18 мкм $\sim 7^m.5$. Очевидно, избыточное излучение в ИК-области спектра принадлежит оболочке.

6. *Определение расстояния и светимостей группировки эмиссионных звезд.* С этой целью мы провели фотометрию 21-ой звезды, проектирующейся на темное облако. В результате получен модуль расстояния $9^m.1$, соответствующий расстоянию 660 пк. Оценка поглощения велась по двухцветным диаграммам $(U-B)/(B-V)$ и $(U-B)/(V-R)$. Принимался нормальный закон поглощения. На рис. 2 приведена карта области и нумерация звезд.

Спектры некоторых звезд были взяты из работы Кальви и Коэн [11], а также из каталога HD. По оценке Крауфорда и Варени [17] расстояние до ОВ-ассоциации Лас 1—480 пк. Коэн и Кухи [10] принимают расстояние до облака, связанного с Lk H₂ 233—880 пк. Свою оценку они основывают на модуле ярчайшей звезды, проектирующейся на облако—HD 213976, спектр которой определен ими как B1.5V.

Коэн и Кухи [10] определяли спектры эмиссионных звезд Lk H₂ 231 и Lk H₂ 232 как K4 и K3V, с $A_V = 2^m.35$ и $2^m.44$ соответственно, а для Lk H₂ 230 привели спектр (K3) и $A_V \approx 2^m.6$, указав, что в спектре нет абсорбционных линий (индекс C).

Светимость объектов Lk H₂ 230—232 слегка повышенная, как у большинства звезд Т Тельца.

На рис. 3. приведены двухцветные диаграммы для группировки звезд в районе малого темного облака, а на рис. 4 — ГР-диаграмма для очень компактной группировки звезд, связанной с областью звездообразования Lk H₂ 233. Данные фотометрии звезд приведены в табл. 3.

Таким образом, светимость Lk H₂ 233 $M_V \simeq +2^m$ близка к светимости нормального карлика A2 V, находящегося вблизи главной последовательности. Мощный инфракрасный избыток свидетельствует о протяженной оболочке. Вероятно, дисковая газово-пылевая оболочка имеет температуру в среднем ~ 150 К (в соответствии с РЭС) и размер более 200 а. е. Кроме того, вблизи звезды присутствует горячая (> 1000 К) пыль, разреженная газовая оболочка, генерирующая эмиссионные линии, а струи, образующие на периферии гигантскую биконическую туманность, свидетельствуют, вероятно, о выбросе вещества. Характер переменности блеска не позволяет составить определенного представления о механизме нестационарности. Необходимы дальнейшие спектральные, фотометрические, поляриметрические наблюдения.

Компактная группа объектов Lk H₂ 230—233 и несколько звезд ранних классов вместе с компактным молекулярным облаком, к которому

ЗВЕЗДЫ ОКРЕСТНОСТИ Lk H_α 233

№	HD, HDE, Lk H _α	Sp	SpQ	V	U-B	B-V	V-R	E _{B-V}	V ₀	(B-V) ₀	V ₀ -M
Звезды скопления											
1	214022	A0*	B5	8.53	-0.43	0.04	0.02	0.21	7.82	-0.17	8.9
3		F0	A9	13.18	0.42	0.84	0.68	0.56	11.27	0.28	8.6
5			F3	13.57	0.24	0.71	0.74	0.35	12.39	0.36	9.3
6			F4	13.37	0.24	0.74	0.72	0.34	12.22	0.4	8.9
7	213976	B1.5*	B0	7.09	-0.81	0.04	0.02	0.34	5.97	-0.30	9.6
8		B8-9	B9	9.72	-0.05	0.10	0.05	0.17	9.16	-0.07	9.1
18		B7-8	B8	9.07	-0.19	0.12	0.04	0.23	8.31	-0.11	8.6
	Lk H _α 233	A-F	A6*	13.58	0.64	0.87	0.92	0.78	10.92	0.09	8.8
	Lk H _α 230	—	—	16.75	—	1.5	1.53	—	—	—	—
	Lk H _α 231	K4eV*	—	15.68	—	1.34	1.33	—	—	—	—
	Lk H _α 232	K3eV*	—	15.45	—	1.85	1.26	—	—	—	—

Звезды дальнего фона

2			F1	14.95	0.58	0.98	1.08	0.72	12.49	0.26	9.9
11			B6	14.09	0.33	0.90	0.97	1.03	10.68	-0.13	11.3
12			B4	13.25	0.35	1.23	1.14	1.42	8.54	-0.19	9.9

Звезды ближнего фона

4		F6	F6	13.08	0.18	0.80	0.68	0.32	12.00	0.48	8.1
9		G0	F7	11.07	0.16	0.74	0.66	0.22	10.33	0.52	6.2
10		K0	K2	8.55	0.82	1.07	0.84	0	—	—	1.1
13		K2		11.18	0.76	1.20	1.10				
14		G8	K0	12.02	0.52	0.91	0.67	0.09	11.70	0.82	5.8
15		F5	F7	11.08	0.15	0.69	0.64	0.23	10.31	0.46	6.6
16	213835	K0*	K0III	6.65	1.19	1.24	0.91	0.12	6.21	1.12	5.9

Примечания.

1. За исключением особо оговоренных случаев спектральная классификация проведена по снимкам, полученным на 1-м телескопе Шмидта Бюраканской обсерватории с предобъективной призмой Н. Д. Меликяном.

7. Спектр по данным [11].

Lk H_α 233 — принята спектральная классификация Хербига [1].

Lk H_α 231, Lk H_α 232 — спектры по данным [11].

16. Спектр взят по HD-каталогу.

она концентрируется, представляют собой остаток более обширного облака, которое, вероятно, некогда являлось ядром [18] O-ассоциации.

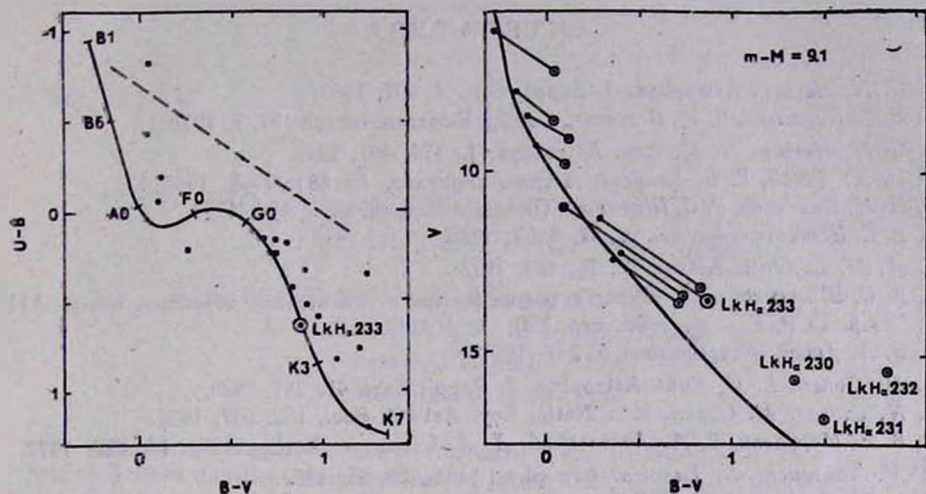


Рис. 3. Двухцветная диаграмма для звезд в окрестностях Lk H₂ 233. Сплошная линия — главная последовательность, штриховая — линия нарастающего покраснения.

Рис. 4. Диаграмма Герцшпрунга—Рессела. Сплошная линия — главная последовательность. Кружок с точкой — наблюдаемые цвета (B—V), закрытый кружок — исправленный за поглощение цвет (B—V)₀.

Авторы признательны Л. Н. Бердникову, М. А. Ибрагимову, С. Ю. Мельникову и С. Д. Якубову, принимавшим участие в наблюдениях переменной, а также И. А. Бедулевой и Э. И. Дмитриевой, оказавшим помощь при подготовке рукописи. Авторы благодарны также Л. В. Мирзояну за ценные замечания.

Астрономический институт
АН УзССР

THE HERBIG Ae-STAR Lk H₂ 233 AND A RELATED COMPACT REGION OF STAR FORMATION

A. V. CHERNYSHEV, V. S. SHEVCHENKO

Using 270 photoelectric *UBVR* observations made in 1983—1986 the light curve Herbig Ae-star Lk H₂ 233 is obtained. The trends (0^m5—0^m7 at 1—3 weeks) and less-amplitude variability are found. The *UBVR*-magnitudes of Lk H₂ 230, 231, 232 and 17 star of region Lk H₂ 233 5—462

are adduced. The distance to the compact region of star formation: related to Lk H₂ 233 is 660 pc. Lk H₂ 233 has a luminosity corresponding to the normal dwarf A2V.

ЛИТЕРАТУРА

1. G. H. Herbig, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 4, 337, 1960.
2. Э. С. Парсаян, В. М. Петросян, *Сообщ. Бюракан. обсерв.*, 51, 3, 1979.
3. G. H. Herbig, N. K. Rao, *Astrophys. J.*, 174, 401, 1972.
4. Э. А. Дибай, Г. В. Зайцева, *Астрон. циркуляр*, № 481, 7—8, 1968.
5. Н. Н. Кулячков, В. С. Шевченко, *Письма в Астрон. ж.*, 2, 494, 1976.
6. В. С. Шевченко, *Астрон. ж.*, 57, 1162, 1980.
7. A. U. Landolt, *Astron. J.*, 78, 959, 1973.
8. В. С. Шевченко, в сб. «Вспыхивающие звезды и родственные объекты», изд-во АН Арм.ССР, Ереван, 1986, стр. 230.
9. Э. А. Дибай, *Астрофизика*, 5, 249, 1969.
10. M. Cohen, L. V. Kuhi, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 41, 743, 1979.
11. N. Calvet, M. Cohen, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 182, 687, 1978.
12. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Д. А. Степанян, *Астрофизика*, 13, 225, 1977.
13. V. Taniguchi, S. Tamura, *Astrophys. Lett.*, 23, 25, 1982.
14. Н. Н. Кулячков, В. В. Бруевич, В. В. Котышев, В. С. Шевченко, *Перемен. звезды*, 21, 3, 1978.
15. M. Cohen, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 169, 257, 1974.
16. D. Lorenzetti, P. Saraceno, F. Strafella, *Astrophys. J.*, 264, 554, 1983.
17. D. L. Crawford, W. H. Warren, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 88, 930, 1976.
18. В. С. Шевченко, *Астрон. ж.*, 56, 297, 1979.