

Переменные звезды 20, 313–324, 1977
Variable Stars 20, 313–324, 1977

Новые переменные звезды в шаровом скоплении М3

П.Н. Холопов

По снимкам, полученным в кассегреновском фокусе 70-см рефлектора ГАИШ в Москве ($f = 10,5$ м), определены величины В, V 40 звезд сравнения для изучения переменных типа RR Лиры в центральной области скопления М3.

В результате сравнения 10 пар негативов открыто 10 новых переменных. Приведены карты окрестностей переменных звезд в центральном районе скопления.

New Variable Stars in the Globular Cluster M3

by P.N.Kholopov

B, V magnitudes of 40 comparison stars for RR Lyrae type variables in the M3 cluster central region are determined using the plates obtained in Cassegrain focus of 70-cm reflector of Sternberg State Astronomical Institute in Moscow ($f = 10,5$ m).

Ten new variables are discovered as result of intercomparison of ten pairs of negatives. New maps of central region of the cluster are given.

1. Введение.

В 1963 г. мы опубликовали крупномасштабную фотографию центральной области шарового скопления М3, полученную с помощью 70-см рефлектора Гос. астрономического института им. П.К.Штернберга в Москве (Холопов, 1963). На снимке были отмечены все переменные звезды, находящиеся в этом районе, и звезды сравнения, использовавшиеся для оценок блеска обнаруженных нами переменных звезд. В той же статье были приведены фотографические величины звезд сравнения в системе, близкой к интернациональной.

С тех пор наблюдателями, работающими на 70-см рефлекторе, было получено в кассегреновском фокусе этого инструмента ($f = 10,5$ м) свыше 250 снимков, пригодных для исследования переменных типа RR Лиры в центральном районе скопления. Около пятидесяти из них получены при хороших и отличных условиях видимости, позволивших разделить ранее сливавшиеся звездные изображения и оценить раздельно блеск компонентов тесных групп.

2. Определение величин звезд сравнения.

Начиная с 1963 г. почти все снимки скопления получались в системе, близкой к *B* (на пластинках ORWO Spezial ZU -2 и Kodak OaO с фильтром сначала BC -8, а затем GG 13, толщиной 2 мм) или *V* (на пластинках Isopan ISS, Kodak OaD, Kodak 103 aD, Kodak 103 aG и пленке А-600 с фильтром ЖС - 17 толщиной 2.9 мм). В связи с этим, оказалось возможным определить величины звезд сравнения, введенных нами в предыдущей работе, в системе *B, V*.

Это определение было проведено в два этапа. На первом этапе были выбраны три лучшие пластинки, полученные в системе *B* (№№ 658, 681 и 733) и три лучшие пластинки, полученные в системе *V* (№№ 659, 661, 735). Сведения о них, а также о двух других пластинках, использованных на втором этапе, приведены в табл. 1. Рядом с номером каждой пластинки в скобках указана ее фотометрическая система.

Пластинки были измерены на ирисовом фотометре отдела переменных звезд ГАИШ. Калибровочные кривые строились по звездам, расположенным от 3.5 до 11' от центра скопления, т.е. в области, свободной от фотометрической ошибки поля телескопа. Фотоэлектрические величины этих звезд были взяты из работы Сэндиджа (1970).

Таблица 1

№	Дата	Эмульсия	Фильтр	Экспозиция	\bar{d}_{sf}	Наблюдатель
148 (B)	21/22 мая 1963	ZS 1490	BC-8	30 ^m	74.5	Павловская
387 (V)	21/22 апр. 1964	Isopan ISS	ЖС-17	41	62.7	Холопов
658 (B)	28/29 марта 1965	ZS 1514	BC-8	46	36.2	Павловская
659 (V)	"	Kodak OaD	ЖС-17	60	41.5	"
661 (V)	"	"	"	63	42.0	"
681 (B)	4/5 апр. 1965	ZS 1514	BC-8	45	36.0	Пономарева
733 (B)	21/22 апр. 1965	"	"	45	50.5	Павловская
735 (V)	"	Kodak OaD	ЖС-17	122	92.0	"

В столбце \bar{d}_{sf} таблицы 1 приведены значения средних отсчетов ирисовой диафрагмы для фона в районе стандартных звезд.

На всех снимках, полученных с экспозицией свыше 41^m, отсчеты фона растут с приближением к центру скопления начиная с 3' от центра, причем скорость возрастания резко увеличивается в районе 1' от центра при вступлении во внутреннюю зону ядра скопления, т.е. зону максимального градиента пространственной звездной плотности, выявленную нами ранее (Холопов, 1955) по подсчетам ярких звезд. На рис. 1 приведены, в качестве иллюстрации, два графика, показывающие зависимость между отсчетами фона и расстоянием от центра скопления, — принятого нами совпадающим с красной звездой *vZ 796* (Цейпель, 1908), — для пластинок 661 и 658. Пунктирные прямые в каждом случае соответствуют значениям \bar{d}_{sf} , приведенным в табл. 1.

Учет различий плотности фона при измерениях, проводимых на ирисовом фотометре, представляет собой одну из сложнейших проблем фотографической астрофотометрии (см., например, Холопов,

1971 а). Поэтому мы подробно опишем, каким образом были получены приводимые нами ниже (в таблице 2) величины звезд сравнения.

Предварительный учет различий плотности фона производился по известной формуле, приводимой, в частности, Уивером (1962), и поэтому нередко для удобства называемой формулой Уивера:

$$d^2 = D^2 + (d_{sf}^2 - d_f^2),$$

где D – пропорциональный диаметру отверстия ирисовой диафрагмы отсчет последней при наведении на звезду, d_f – аналогичный отсчет для среднего фона рядом со звездой, d_{sf} – отсчет для среднего фона в области стандартных звезд, d – отсчет для звезды, приведенный к среднему фону в области стандартных звезд. Таким образом

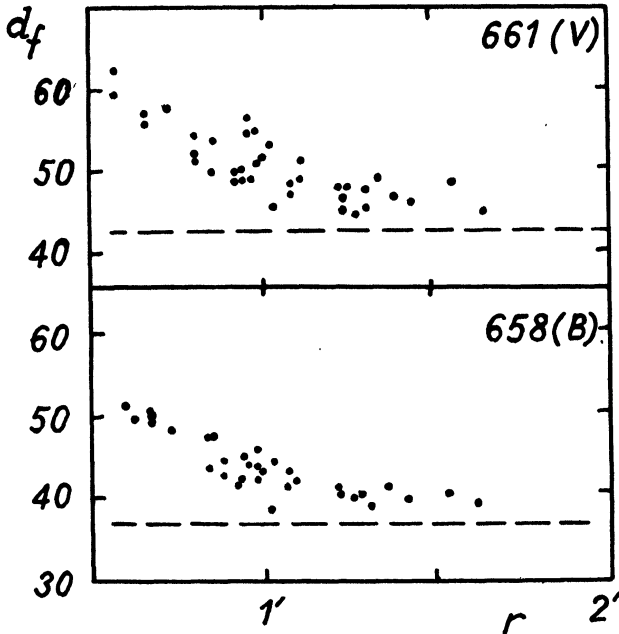


Рис. 1.

были "учтены" довольно значительные различия плотности фона (достигающие для некоторых пластинок 20-30 единиц деления шкалы ирисовой диафрагмы) и получены предварительные значения величин звезд сравнения для каждой пластинки. Оказалось, что они неплохо согласуются между собой. Так, при образовании средних значений \bar{B} , \bar{V} по трем пластинкам средние квадратичные ошибки σ полученных средних величин звезд сравнения оказались следующими: в интервале $14^m 4 - 15^m 5$ В $\sigma_B = \pm 0^m 056$, в интервале $15^m 5 - 16^m 5$ В

$\sigma_B = \pm 0^m 062$, в интервале $13^m 2 - 14^m 5$ В $\sigma_V = \pm 0^m 055$, в интервале $14^m 5 - 16^m 2$ В $\sigma_V = \pm 0^m 050$.

Именно эти предварительные величины звезд сравнения (\bar{B} , \bar{V}) были использованы нами при изучении нескольких переменных типа RR Лиры в центральном районе МЗ, для которых мы уже опубликовали краткие сообщения о найденных элементах изменения блеска (Холопов, 1971 б, 1972, 1974).

Однако известно, что формула Уивера даже при сравнительно небольших различиях плотности фона часто не позволяет правильно учесть эти различия, и в ряде случаев при пользовании ею получаемые величины оказываются искаженными систематическими погрешностями, зависящими от множества не поддающихся определению факторов. Как правило, звезды, находящиеся на более плотном фоне, попадают в процессе соответствующей обработки измерений слишком

яркими. Оказалось, что это в полной мере относится и к предварительным величинам \bar{B} , \bar{V} звезд сравнения, полученным без соблюдения необходимых предосторожностей.

Величины тринадцати наиболее ярких красных звезд сравнения в системе V были определены нами также по пластинке 387, полученной с меньшей экспозицией; на этой пластинке плотность фона совершенно не меняется практически до 0.5 от центра скопления (см. рис. 2а). На рис. 3а приводится график, позволяющий сравнить вели-

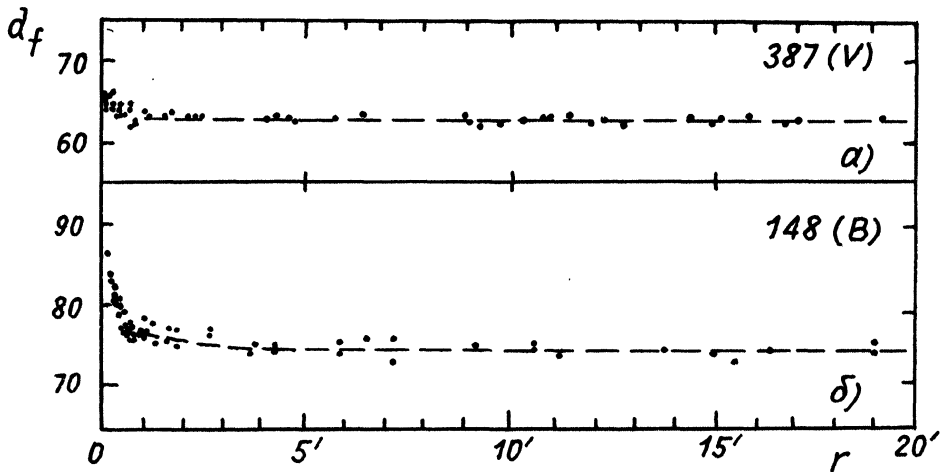


Рис. 2.

чины \bar{V} этих звезд, определенные по пластинкам 659, 661 и 735, с их величинами $V(387)$, определенными по пластинке 387. Разности $V(387) - \bar{V}$ практически не зависят от значений плотности фона, коррелирующих для величин \bar{V} с расстоянием от центра скопления (см. рис. 1), но существенно зависят от величины \bar{V} . Сплошная кри-

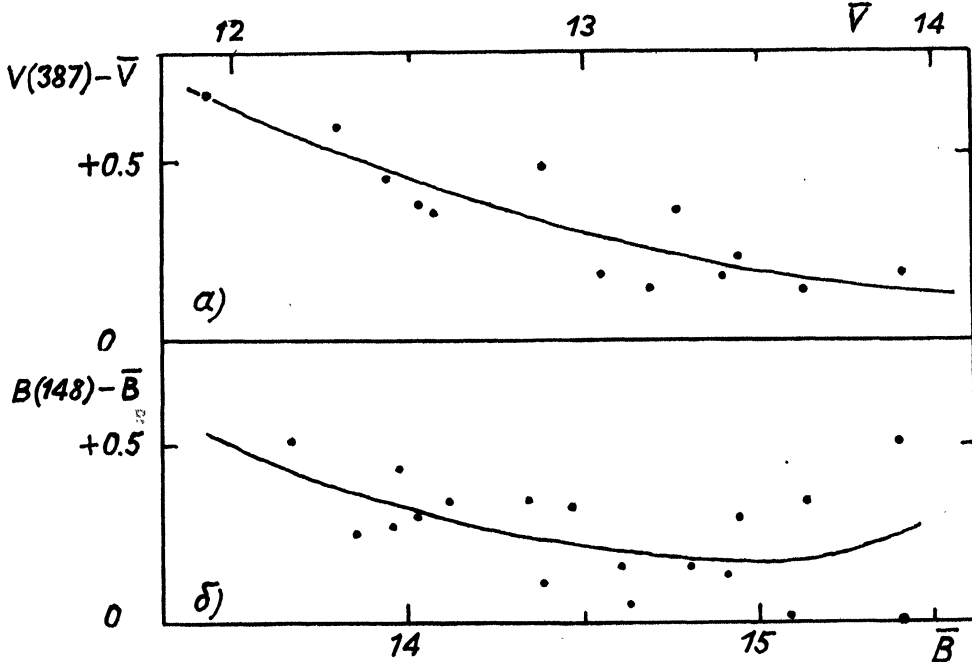


Рис. 3.

вая, проведенная на рисунке 3а, соответствует систематической разности между величинами $V(387)$ и \bar{V} . После придания соответствующих поправок к величинам \bar{V} полученные величины были усреднены с величинами $V(387)$. Так был осуществлен второй этап определения величин ярких звезд сравнения, в результате которого были получены окончательные значения величин V этих звезд, приведенные в таблице 2.

Аналогичным образом были определены окончательные значения величин B этих звезд, приведенные в той же таблице. К сожалению, в этом случае в нашем распоряжении не было пластинки, на которой плотность фона оставалась бы постоянной почти до самого центра скопления. Вместо подобной пластинки была использована пластинка 148 (см. табл.1), плотность фона которой начинает меняться очень незначительно в районе 2-3' от центра скопления, а начиная с 0.8 от центра быстро возрастает по мере приближения к нему (рис.26). На рис.3б представлены разности между величинами $B(148)$ и \bar{B} (средними из величин, определенных по пластинкам 658, 681 и 733).

Для звезд сравнения слабее $15^m.4$ B и $14^m.2$ V мы были лишены возможности непосредственно определить дополнительные поправки за изменение фона пластинок. Поэтому в данном случае пришлось применить иную процедуру, основанную на построении диаграмм величина — показатель цвета вероятных членов скопления.

На рис. 4а и 4б приведены подобные диаграммы, построенные по данным Сэндиджа (1970). Точки соответствуют данным фотозлектрических наблюдений. Тонкими линиями, проведенными по возможности ближе к точкам, изображены основные последовательности звезд скопления. Крестики соответствуют нашим ярким звездам сравнения, величины которых получены путем измерения фотопластинок. Мы видим, что величины наших звезд сравнения ярче $14^m.3$ V и $15^m.3$ B с показателями цвета $B-V > +0^m.9$ не искажены систематическими ошибками, вследствие которых они могли бы оказаться вне основной последовательности красных гигантов скопления, определяемой фотозлектрическими наблюдениями.

Что же касается более слабых звезд сравнения, расположенных на рис.4 в районе горизонтальной ветви, то они оказались систематически более яркими по сравнению со звездами горизонтальной ветви, величины которых были определены фотозлектрически. Наилучшего согласия положения слабых звезд сравнения с положением звезд горизонтальной ветви удалось добиться, придав к их величинам \bar{V} и \bar{B} постоянные эмпирические поправки $\Delta \bar{V} = +0^m.15$ и $\Delta \bar{B} = +0^m.21$; при этом $\Delta (\bar{B} - \bar{V}) = +0^m.06$. Именно так были получены окончательные величины этих звезд сравнения, приведенные в табл. 2. Соответствующие этим величинам положения упомянутых звезд на рис.4 изображены открытыми кружками.

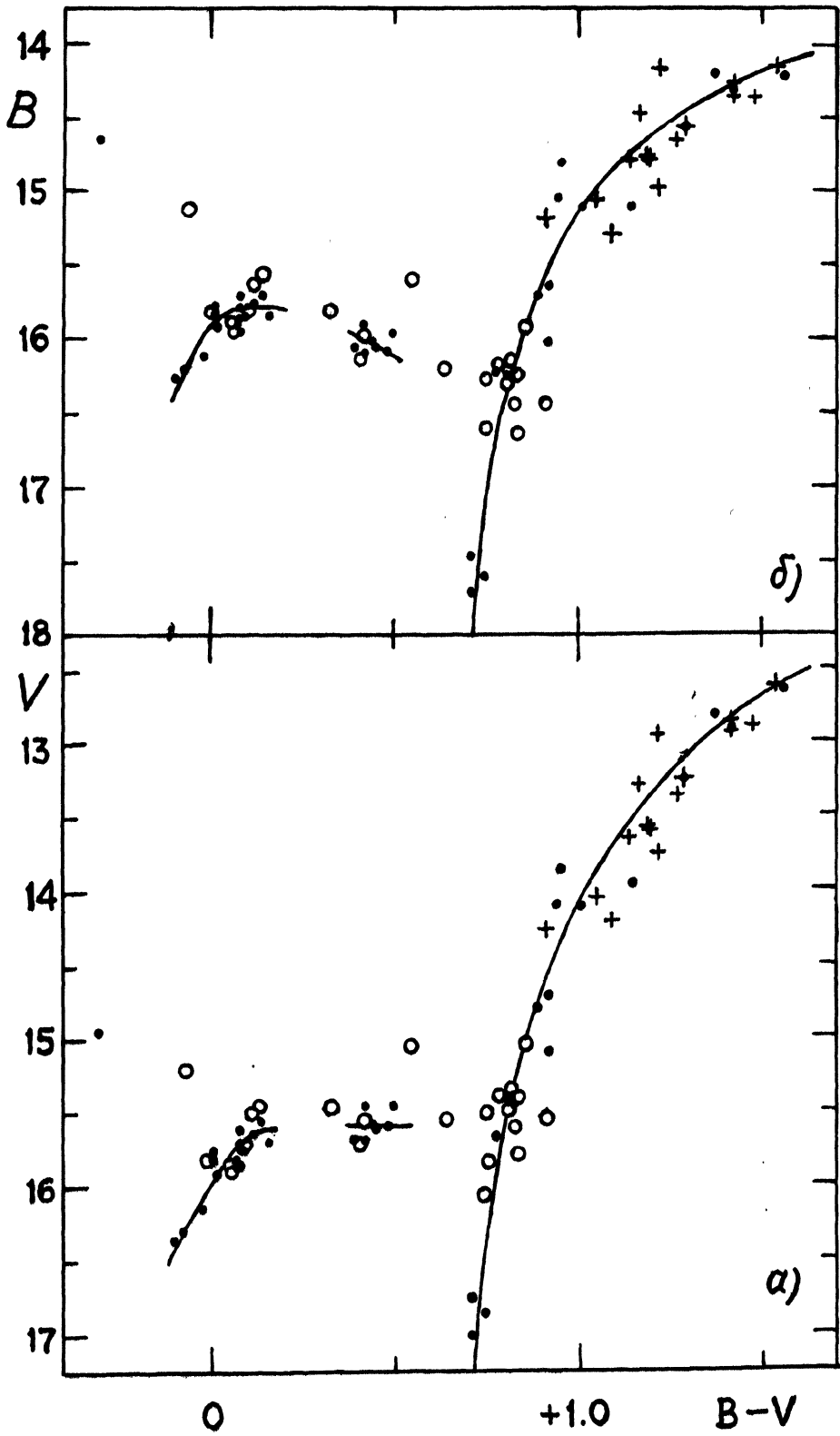


Рис. 4.

Таблица 2.

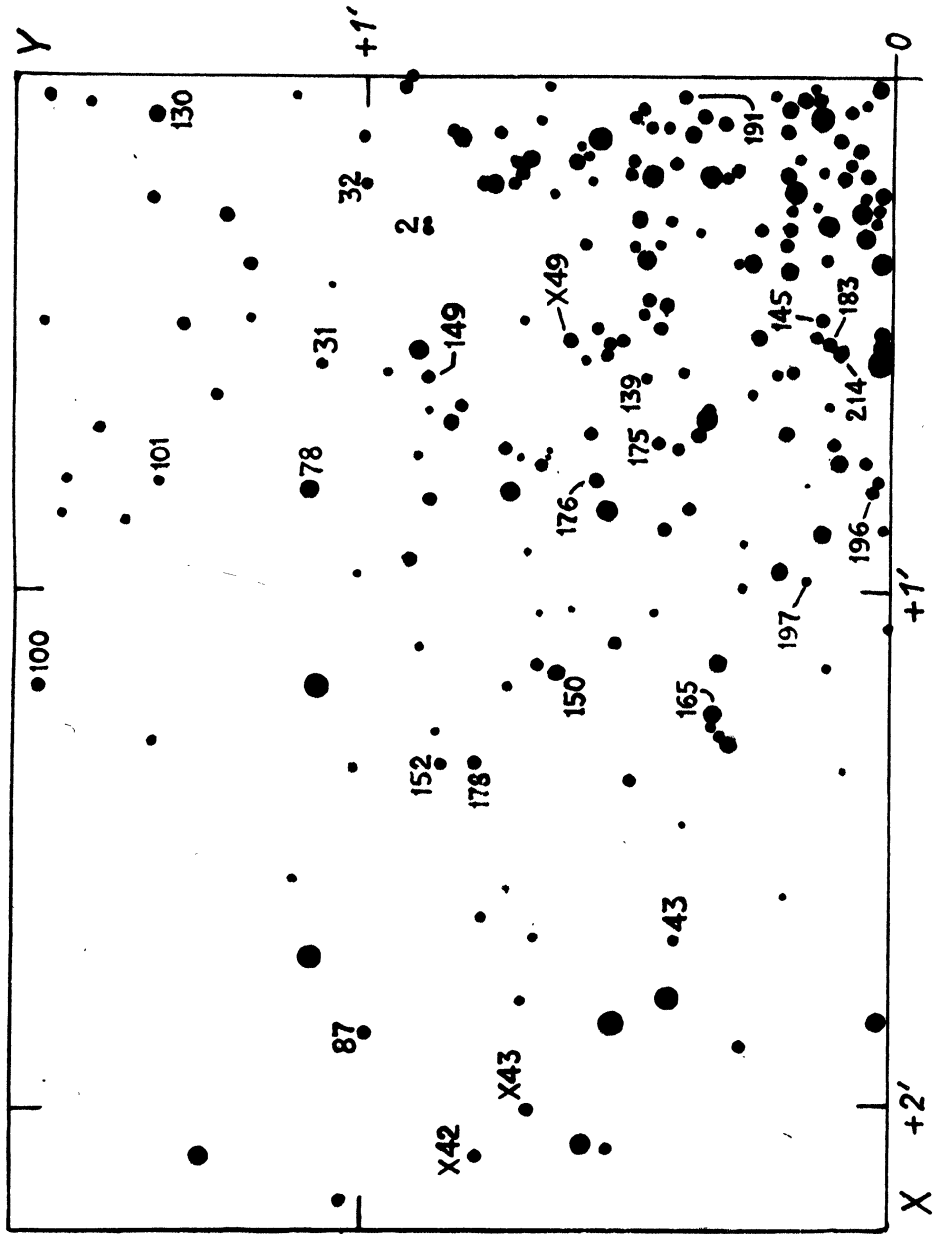
*	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>B-V</i>	*	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>B-V</i>
ζ	14. ^m 13	12. ^m 59	+1. ^m 54	<i>i</i>	15. ^m 83	15. ^m 74	+0. ^m 09
<i>a</i>	14.16	12.94	+1.22	ϕ	15.89	15.82	+0.07
<i>y</i>	14.26	12.84	+1.42	<i>v</i>	15.90	15.04	+0.86
<i>d</i>	14.34	12.92	+1.42	ξ	15.90	15.84	+0.06
<i>b</i>	14.36	12.88	+1.48	<i>m</i>	15.95	15.89	+0.06
<i>n</i>	14.45	13.28	+1.17	ρ	15.98	15.56	+0.42
δ	14.55	13.26	+1.29	<i>l</i>	16.06	15.32	+0.74
<i>c</i>	14.64	13.37	+1.27	<i>n</i>	16.13	15.72	+0.41
<i>e</i>	14.74	13.55	+1.19	<i>q</i>	16.15	15.33	+0.82
α	14.76	13.57	+1.19	<i>p</i>	16.19	15.41	+0.78
β	14.79	13.65	+1.14	<i>n</i>	16.20	15.56	+0.64
<i>f</i>	14.98	13.76	+1.22	χ	16.23	15.39	+0.84
<i>g</i>	15.06	14.01	+1.05	<i>o</i>	16.24	15.42	+0.82
ϵ	15.15	15.21	-0.06	μ	16.27	15.52	+0.75
<i>h</i>	15.29	14.20	+1.09	<i>r</i>	16.29	15.48	+0.81
θ	15.57	15.43	+0.14	<i>s</i>	16.45	15.62	+0.83
<i>l</i>	15.60	15.05	+0.55	λ	16.46	15.54	+0.92
<i>w</i>	15.62	15.50	+0.12	ψ	16.60	15.85	+0.75
η	15.79	15.46	+0.33	<i>t</i>	16.64	15.80	+0.84
ν	15.81	15.82	-0.01	<i>x</i>	—	16.27	—

3. Новые переменные звезды.

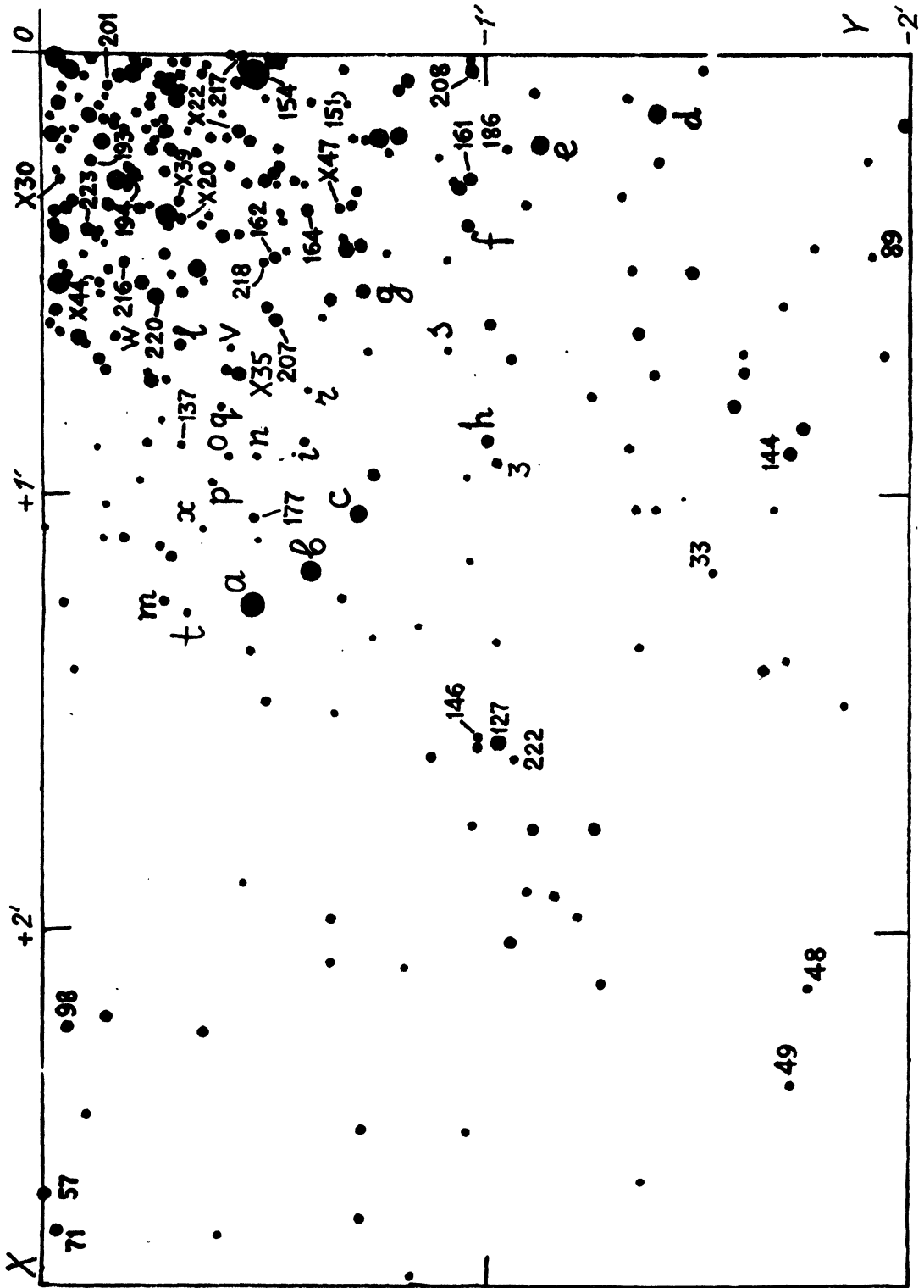
В начале 1972 г. мы провели дополнительное сравнение на стереоблинкомпараторе девяти пар лучших негативов, полученных в системе *B* (658–693, 658–681, 658–723, 658–733, 658–734, 660–720, 681–734, 693–720, 723–733), и одной пары, полученной в системе *V* (659–735). В результате было открыто и заподозрено в переменности блеска 10 новых переменных звезд, сведения о которых приведены в таблице 3. В эту таблицу включены переменные X 7 и X 10, заподозренные ранее нами в переменности блеска и независимо обнаруженные при повторном бликовании.

В таблице 3 приведены наши предварительные обозначения этих звезд, их номера по каталогу Цейделя (1908), их прямоугольные координаты в системе каталога Соьер Хогг (1973), пределы изменения блеска в системе *B*, а также предварительные значения средних показателей цвета *B-V*. В последнем столбце таблицы приведены номера СПЗ, присвоенные тем звездам, переменность блеска которых, как кажется, не подлежит сомнению.

Карты окрестностей новых переменных приведены на рис. 5–8. Латинскими и греческими буквами на этих рисунках отмечены звезды сравнения, величины которых приведены в табл. 2, а числами — уже известные переменные. При пользовании этими рисунками целесообразно иметь перед собою фотографию центральной области скопления (Холопов, 1963). Система координат *X, Y* соответствует системе Бейли, принятой в каталоге Соьер Хогг (1973).



Puc. 5.



Puc. 6.

Таблица 3

Var	vZ	x	y	Max	Min	B-V	СПЗ
X 7	377	-111"	- 62"	15.86 ^m	16.16 ^m	+0.45 ^m	2124
X10	613	- 33	+ 37	16.06	16.23	+0.37	-
X39	-	+ 20	- 18	15.2	16.3	-	2041
X40	-	- 33	- 45	15.2	16.2	+0.55	2126
X41	1354	+256	-499	15.85	16.36	+0.7	2127
X42	1247	+125	+ 47	15.86	16.46	+0.2	2128
X43	1238	+119	+ 42	15.81	16.26	+0.3	2129
X44	-	+ 31	- 7	16.26	16.51	+0.15	-
X47	-	+ 21	- 40	15.66	16.46	-0.15	2130
X49	-	+ 30	+ 37	15.41	15.96	+0.45	2131

Наряду с новыми переменными, мы открыли 154 известные переменные звезды. В частности, была подтверждена переменность блеска включенных в каталог Соьер Хогг (1973) объектов V4, 8, 29, 73, 136, 155, 196, 207, 215, 216, 217, 223, а также объектов X13, X14, X20, X25, X35, о которых уже сообщалось ранее (Холопов, 1963).

Следующие 40 звезд, содержащихся в каталоге Соьер Хогг, не показали заметных изменений блеска при блинковании восемнадцати (!) пар пластинок (включая восемь пар, рассмотренных в нашей предыдущей работе): V2, 87*, 98, 99, 102, 103, 112, 113*, 123*, 127, 138*, 153, 158*, 162, 163, 164, 169, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 187*, 194*, 198*, 199*, 202*, 203*, 204*. Двенадцать из них, номера которых отмечены звездочками, т.е. почти треть этих объектов, являются довольно хорошо изученными переменными с известными периодами изменения блеска. Не показали изменений блеска при блинковании десяти пар пластинок также ранее заподозренные нами в переменности звезды V208, 209, 210, 213, 219, 220, 221, 224 и X17, 18, 22, 23, 30, 36.

Литература:

- Соьер Хогг, 1973 — Sawyer Hogg H., DDO Publ 3, No 6.
 Сэндидж, 1970 — Sandage A., ApJ 162, 841.
 Уивер, 1962 — Weaver H., Handb. der Physik 54, 130—179.
 Холопов П.Н., 1963, ПЗ 14, №2, 275.
 Холопов П.Н., 1971а, в сб. "Методы исследования переменных звезд", М., стр. 91—116.
 Холопов П.Н., 1971б, АЦ №№640, 651, 652.
 Холопов П.Н., 1972, АЦ №№676, 721.
 Холопов П.Н., 1974, АЦ № 848.
 Цейпель, 1908 — Zeipel H. von, Annales de l'Observatoire de Paris, 25, F1—101.

Гос. астрономический ин-т
им. П.К.Штернберга

Поступила в редакцию
7 июня 1976 г.