

Новые переменные звезды в центральной области
шарового скопления М3

П. Н. Холопов

В результате сравнения восьми пар пластинок, полученных в кассе-греневском фокусе 70-см рефлектора обсерватории Московского уни-верситета на Ленинских горах ($F = 10.5$ м), открыто 18 новых перемен-ных звезд, находящихся в пределах $2'$ от центра шарового скопления М3. Независимо установлена переменность блеска Var 8 и Var 156, считавшихся постоянными. 11 звезд заподозрено в переменности. Скоп-ление М3 содержит, по крайней мере, 209 переменных звезд.

New Variable Stars in the Central Region of Globular Cluster M3

by

P. N. Kholopov

Eighteen new variable stars situated within $2'$ from the centre of glo- bular cluster M3 were discovered as the result of comparison of eight pairs of plates obtained in cassegrain focus of 70-cm reflector ($F = 10.5$ m) at the Observatory of the Moscow University on Lenin Mountains. The va- riability of Var 8 and Var 156 considered to be constant was established independently. 11 stars were suspected in variability. M3 cluster includes not less than 209 variable stars.

1. Среди шаровых скоплений наиболее богатым переменными звез- дами является скопление М3.

Каталог Со́йер [1] содержит сведения о 204 переменных звездах в этом скоплении, 16 из которых, на основании заключения Гринсте́йна [2], признаны звездами постоянного блеска. Таким образом, к 1955 году в скоплении было известно 187 переменных (Var 141 = RV CVn не относится к скоплению). Подавляющее большинство их (184) было от- крыто за период с 1895 по 1935 гг. В течение последующих 25 лет были обнаружены лишь три переменных с небольшой амплитудой изменения блеска.

Еще в 1914 г. Ше́пли [3] открыл 23 переменных в центральной об- ласти М3 по шести крупномасштабным снимкам, полученным в 80-фут- овом кассегреневском фокусе 60'' рефлектора обсерватории Маунт Вил- сон ($F = 24.4$ м). Кроме того, 13 звезд были заподозрены им в перемен- ности блеска. Почти все эти звезды лежат в пределах $1'$ от центра

скопления; 26 из них были открыты в дальнейшем независимо Ларинком [4], Мюллером [5] и Гринстейном [2] по снимкам с меньшим масштабом (при фокусных расстояниях $F=3\text{ м}$, $F=8.4\text{ м}$ и $F=7.6\text{ м}$, соответственно).

Несмотря на большое число открытых в скоплении переменных звезд, можно думать, что в центральной области МЗ, в пределах $1-2'$ от его центра, до сих пор обнаружены далеко не все переменные. Об этом свидетельствует ход видимой плотности переменных с приближением к центру, а также, как указывал Гринстейн [2], меньший процент переменных звезд относительно числа ярких членов скопления в зоне с $r < 2'$ от центра по сравнению с аналогичным процентом в области с $r > 5'$.

2. В мае-июне 1962 г. в кассегреновском фокусе 70-см рефлектора АЗТ-2 (эквивалентное фокусное расстояние $F=10.5\text{ м}$), установленного в Москве, в обсерватории на Ленинских горах, было получено 16 снимков скопления на несенсибилизированных пластинках Agfa-Astro Z 1479 без фильтра (см. табл. 1).

Таблица 1.

№ пластинки	J.D.hel. 2437...	Экспозиция (мин.)	Наблюдатель
25	779.389	30	П. Н. Холопов
26	.420	5	Г. А. Пономарева
27	.434	10	"
28	.495	5	П. Н. Холопов
31	787.371	30	"
32	.420	60	Г. А. Пономарева
33	.479	30	П. Н. Холопов
34	.508	29	"
36	790.392	30	"
40	.501	15	"
42	794.377	30	"
43	.421	30	Е. Д. Павловская
44	.448	30	П. Н. Холопов
47	823.388	20	И. Б. Перова
48	.416	20	Д. К. Каримова
49	.434	12	И. Б. Перова

Для защиты пластинки от непосредственного засвечивания фоном неба, не предусмотренной при изготовлении инструмента на заводе, в мастерских ГАИШ была изготовлена, по нашим расчетам, коническая насадка, укрепленная на оправе гиперболического зеркала, удлинен конус, устанавливаемый в отверстии главного зеркала, а также устранено влияние на пластинку света, рассеиваемого от внутренних поверхностей этого конуса и трубы. Возможность получения длительных экспозиций в системе Кассегрена в условиях Москвы была достигнута при этом ценой уменьшения эффективного диаметра главного зеркала до 65 см.

Размер пластинок— $13\times 13\text{ см}$, диаметр невиньетированной области— 10 см ($33'$), предельная величина при получасовой экспозиции— $17^{\text{m}}2$.

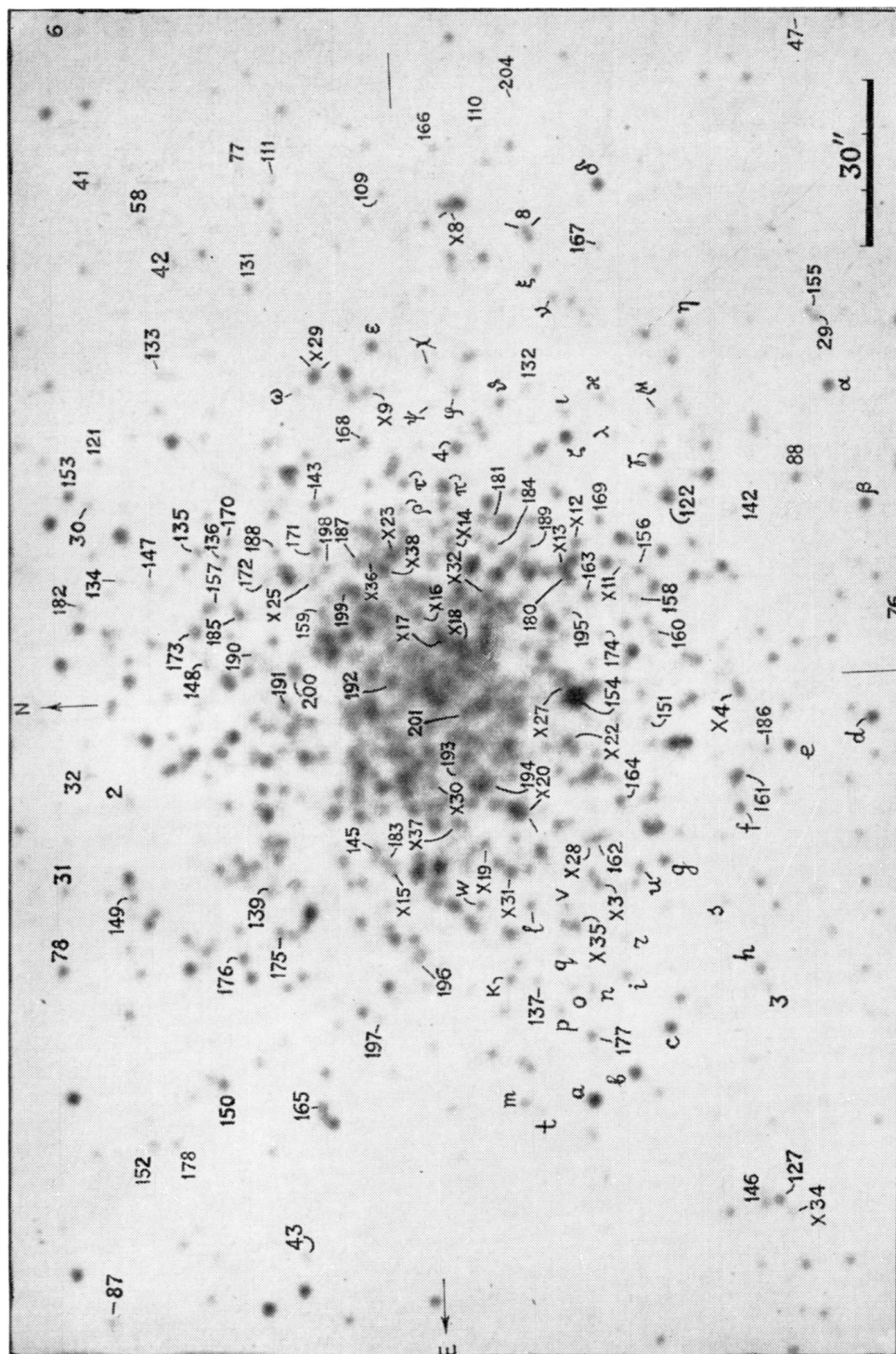


Рис. 1

Крупный масштаб снимков ($1\text{ мм} = 19''.65$) позволяет при этой экспозиции в значительной степени разложить на звезды центральную часть скопления.

Взаимное сравнение на стереоблинкомпараторе восьми пар пластинок (31-40, 33-36, 33-40, 33-42, 33-44, 36-42, 36-43, 40-43) привело к открытию 29 новых переменных звезд, 26 из которых находятся в пределах $1'$ от центра скопления.

В табл.2 приведены наши предварительные обозначения этих звезд, их номера по каталогу Цейпеля [6], их прямоугольные координаты, отсчитываемые от центра скопления и выраженные в секундах дуги (в системе каталога Соуер), а также пределы изменения блеска. В последнем столбце таблицы приведены номера СПЗ, данные тем 18 звездам, переменность блеска которых, по нашему мнению, может считаться надежно установленной. Звезде X 13 не присвоен номер СПЗ, так как она была открыта еще Шепли [3]. Переменность блеска 11 звезд, отмеченных звездочкой в первом столбце таблицы, нуждается в подтверждении.

В тех случаях, когда переменная оказывается членом кратной системы, которая не могла быть разрешена на компоненты на пластинках нормального астрографа, измерявшихся Цейпелем, и занесена в каталог Цейпеля как одиночная звезда, номер Цейпеля сопровождается звездочкой. В примечаниях к таблице при этом указывается, какая из компонент является переменной.

На рис.1 приведена фотография центральной области скопления, полученная по пластинке № 36. Числами обозначены известные переменные, содержащиеся в каталоге Соуер, числами, стоящими после буквы X, —открытые нами переменные (X6 находится за пределами данной области).

Наряду с новыми переменными, мы независимо открыли 145 известных переменных звезд, а также Var 8 и Var 156, которые отнесены в каталоге Соуер к звездам постоянного блеска.

Следующие 57 звезд, содержащиеся в каталоге Соуер, не показали заметных изменений блеска при блинковании указанных выше пар пластинок: Var 2, 5, 20, 37, 38, 41, 42, 44, 50, 56, 70, 73, 84, 87, 93, 95, 98, 99, 102, 103, 105, 112, 113, 117, 118, 123, 126, 127, 138, 141, 146, 153, 158, 162, 163, 164, 166, 167, 169, 174, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 187, 188, 192, 194, 195, 198, 199, 200, 202, 203, 204.

3. Для оценок блеска новых переменных пришлось определить величины звезд сравнения в районе, непосредственно примыкающем к центральной части скопления. Звезды сравнения указаны на рис.1. Их фотографические величины приведены в табл.3. Они определены по трем лучшим пластинкам (№№ 33, 36 и 42), измеренным на ирисовом фотометре ГАИШ. Калибровочные кривые строились по звездам, находящимся в пределах от 2 до $3'$ от центра скопления, фотографические величины которых (m_p), близкие к интернациональным, приведены в работе Сендиджа [8]. Фон учитывался путем приведения отсчетов фона в районе измеряемых звезд к отсчетам фона в пределах от 2 до $3'$ от центра скопления.

Таблица 2.

Var	vZ	x	y	m _{pg}	СПЗ
x 3	991*	+ 36. ⁿ 0	- 30. ⁿ 8	14.8- 15.4	1360
x 4	800*	+ 2. 5	- 57. 9	14.8- 15.4	1361
x 6	472	- 68. 2	- 99. 1	14.3- 15.1	1362
x 8	420*	- 85. 7	- 9. 9	14.6- 15.4	1363
x 9	519	- 54. 1	+ 6. 6	14.3- 15.4	1364
x11	—	- 21. 6	- 38. 0	15.1- 15.7	1365
x12	648?*	- 25. 4	- 29. 7	15.0- 15.4	1366
x13	676*	- 21. 1	- 27. 3	14.1- 15.1	—
x14*	—	- 26. 7	- 7. 2	15.1- 15.4	—
x15	971	+ 32. 0	+ 5. 8	14.6- 15.6	1367
x16	717	- 13. 9	- 0. 9	14.8- 15.6	1368
x17*	735*	- 9. 6	- 4. 7	var	—
x18*	748*	- 8. 3	- 8. 5	var	—
x19	951	+ 27. 9	- 10. 8	15.2- 15.8	1369
x20*	917*	+ 22. 6	- 18. 2	15.2- 15.6	—
x22*	847	+ 10. 2	- 26. 7	15.1- 15.4	—
x23*	657	- 24. 5	+ 3. 0	14.1- 14.6	—
x25*	—	- 20. 8	+ 17. 5	15.1- 15.5	—
x27	—	0. 0	- 26. 4	14.5- 15.4	1370
x28	950*	+ 28. 1	- 29. 4	14.5- 15.7	1371
x29	509*	- 57. 9	+ 15. 7	14.6- 15.8	1372
x30*	—	+ 16. 6	- 2. 1	15.1- 15.7	—
x31	978	+ 33. 1	- 15. 2	14.2- 14.8	1373
x32*	692	- 16. 6	- 13. 5	14.6- 15.1	—
x34	1198*	+ 96. 3	- 63. 3	15.4- 15.9	1374
x35*	1025	+ 43. 2	- 26. 2	14.4- 15.3:	—
x36*	661*	- 23. 8	+ 7. 3	14.8- 15.4	—
x37	930*	+ 23. 9	- 5. 8	14.8- 15.4	1375
x38	668	- 22. 1	+ 5. 0	13.7- 14.6	1376

Примечания:

x 3—южная последующая компонента тесной двойной или тройной системы ;

x 4—южная последующая компонента тесной двойной системы ;

x 8—северо-восточная компонента тесной четырехкратной системы ;

x12—на месте vZ 648 нет звезды ; возможно, у-координата в каталоге Цейделя ошибочна ;

x13=Шепли (var) 5 ; центральная компонента пятикратной системы vZ 676 ; не исключено, что она тождественна Var 180, которая, судя по ее прямоугольным координатам, непосредственно примыкает с востока к центральной компоненте этой пятикратной системы и так же, как Var 8 и Var 156, отнесена в каталоге Соуверк звездам постоянного блеска ;

x14=Шепли (Var?) 3 ;

x17—южная последующая компонента тесной двойной системы ;

x18—южная предшествующая компонента тесной тройной системы ;

x20—южная компонента тесной кратной системы ;

x28—северная компонента кратной системы vZ 950, являющейся Var 162 = Шепли (Var) 19 ; не исключено, что x28 тождественна Var 162; Шепли указывает, однако, что его звезде Var 19 [3] предшествуют две или три слабых компоненты, чего нельзя сказать об x28 ;

x29—предшествующая, более слабая компонента тесной двойной ;

x34—многие авторы считают, что эта звезда (vZ 1198) является переменной Var 127, открытой Бейли [7]; действительно, Бейли сам отождествляет ее с vZ 1198 и приводит для нее прямоугольные координаты, соответствующие координатам vZ 1198 ; однако де-

тальное описание окрестностей переменной, данное Бейли в примечаниях к списку переменных в М3 [7], противоречит этому отождествлению; Бейли пишет: "Кажется, что эта звезда меняет блеск, но оценки не позволяют уверенно установить это. Это трудный объект, у которого имеются два близких спутника, причем один из них ярче, а другой—слабее, чем переменная; оба слишком близки к звезде, чтобы их можно было видеть раздельно на любой из пластинок. Позиционный угол более яркого спутника— 0° , расстояние— $3''$, величина— $14^m.5$. Позиционный угол более слабого спутника— 130° , расстояние— $3''$, величина— $16^m.0$." Эти слова свидетельствуют о том, что Var 127 Бейли является звездой, указанной на рис.1, т.е. звездой vZ 1193; более яркий спутник ее—Var 146, окazyвающаяся, как показывает рис.1, двойной, а более слабый спутник—vZ 1198=X34. Мюллер [5], открывший Var 146, ничего не упоминает о ее двойственности, и поэтому мы не можем решить, какая из компонент пары является Var 146. Отождествляя свою переменную №23 с vZ 1193, Шепли [3] пишет: "vZ 1193 является тесной двойной, находящейся в двух минутах дуги от центра скопления." Переменная, которая является предшествующей компонентой, ярче своего спутника в максимуме и слабее—в минимуме. Неясно, не испытывает ли спутник также заметных изменений." К сожалению, Шепли не указывает расстояния между упомянутыми компонентами vZ 1193. На наших снимках она выглядит одиночной. Поэтому, не имея более крупномасштабных снимков, мы не можем решить, не относится ли описание Шепли к двойной Var 146 и не тождественна ли Var 146 переменной Шепли (Var) 23;

х36—южная компонента тесной двойной; северной компонентой является Var 187;

х37—северная компонента тесной двойной.

Таблица 3.

Звезда	vZ	m_{pg}	Звезда	vZ	m_{pg}	Звезда	vZ	m_{pg}
a	1135	13.72	q	1049	15.80	θ	533	15.08
b	1121	14.13	r	1044	15.90	ι	542?	15.55
c	1100	14.30	s	1010	16.02	κ	532	15.75
d	835	14.17	t	—	16.46:	λ	557	16.03
e	871	14.50	u	980	15.11	μ	544	15.88
f	927	14.80	v	1005	15.60	ν	469	15.43
g	977	14.77	w	996	15.10	ξ	458	15.36
h	1073	15.09	α	528	14.58	π	592	14.17
i	1069	15.44	β	622	14.56	ρ	—	15.51
k	1068	15.18	γ	576	14.11	τ	586	14.99
l	1006	15.13	δ	417	14.37	ϕ	523	15.38
m	1134	15.47	ϵ	494	14.61	χ	511	15.77
n	1078	15.72	ζ	555	14.10	ψ	535	16.08
o	—	15.86	η	489	15.20	ω	520	16.01
p	1088	15.79						

В табл. 4 приведены оценки блеска (в системе величин, близкой к системе m_{pg} Сендиджа) 29 новых переменных и заподозренных в переменности звезд. Там же содержатся оценки Var 8 и Var 156, переменность блеска которых независимо открыта и подтверждена нами.

Мы не публикуем оценок изменения блеска цефеиды Var 154, которые не противоречат элементам Арпа [9], но и не позволяют пока уточ-

Таблица 4.

№ пластинок

Var	25	31	32	33	34	36	40	42	43	44	47	48	49
X 3	14.80	15.09	15.44	15.44	15.45	15.09	15.26	15.45	15.44	15.18	-	-	-
X 4	14.92	15.09	15.44	15.38	15.44	14.95	15.40:	14.85	14.90	14.95	-	-	-
X 6	14.90	14.80	14.61	14.77	14.57	14.65	14.69	15.13	14.80	14.77	14.6:	14.27	14.60
X 8	-	max	max	14.65	max:	14.80	15.4	15.08	-	-	-	-	-
X 9	14.7	15.40	15.20	15.13	15.38	15.04	14.58	14.31	14.49	14.58	14.61	14.61	14.65
X11	15.65	15.38	15.65	15.49	15.77	15.69	15.43	15.14	15.14	15.40	(15.4	(15.4	-
X12	15.20	15.08	15.20	15.25	15.38	15.00	15.20	15.10	15.20	15.3	15.15	15.08	-
X13	max	15.08	14.6	14.10	-	15.00	14.13	14.77	-	-	-	-	-
X14	15.4	15.36	15.38	15.43	15.43	15.08	15.43	15.40	15.38	-	-	-	-
X15	-	-	15.65	15.47	-	15.45	14.61	15.44	-	-	-	-	-
X16	15.38	15.38	15.55	15.38	15.38	14.77	15.36	15.43	15.38	15.40	15.4:	15.4:	-
X17	-	-	min	min	-	max	min	min	-	-	-	-	-
X18	-	-	max	max	-	min	max	max	-	-	-	-	-
X19	-	15.18	15.60	15.8	-	15.44	15.3	15.60	15.44	-	-	-	-
X20	-	min	15.44	15.18	min	15.44	-	15.60	15.44	min	-	-	-
X22	-	15.44	15.44	15.13	15.44	15.09	15.25	15.09	15.09	15.3	-	-	-
X23	-	14.50	14.6	14.50	14.61	14.11	14.56	14.61	14.37	14.10	-	-	-
X25	-	15.08:	15.47	15.51	15.51	15.53	15.08	15.51	15.08	15.08	-	15.08	-
X27	-	-	15.4	15.4	-	15.45	15.4	14.8	14.5	14.5	-	-	-
X28	14.8	14.40	15.10	15.11	15.44	15.75	min	15.47	14.77	14.50	-	-	-
X29	min	15.63	15.77	15.63	15.63	15.15	15.38	15.20	14.61	14.61	min	min	-
X30	min	15.47	15.72	15.18	15.47	15.44	15.11	15.47	15.47	15.44	15.4	15.4	-
X31	14.15	14.78	14.78	14.63	14.80	14.70	14.77	14.20	14.40	14.30	14.5	14.8:	-
X32	14.6	14.78	15.08	14.77	15.10	14.78	14.77	15.08	15.08	15.10	-	-	-
X34	15.40	15.84	15.84	15.82	15.84:	15.83	15.93	15.49	15.74	15.76	15.74	-	-
X35	-	15.3:	14.77	14.9	14.77	15.11	-	14.66	14.77	14.77:	14.40	14.50	-
X36	-	15.08	15.40	15.30	15.23	15.14	15.38	14.77	15.08	15.10	-	-	-
X37	-	-	15.11	15.11	-	15.11	15.4	14.80	15.11	-	15.1	-	-
X38	-	14.50	14.61	14.10	14.61	14.10	14.13	13.72	13.72	13.72	max	-	-
Var 8	-	14.61	14.37	14.65	15.09	15.08	15.4	14.95	14.5	14.6	-	-	-
Var 156	-	15.75	16.03	15.75	15.55	15.43	15.55	15.55	15.55	15.89	15.6	15.6	-

нить эти элементы. Отметим лишь, что наши снимки не приходится на фазы максимума или минимума блеска этой переменной.

Пределы изменения блеска новых переменных показывают, что большинство их, по-видимому, принадлежит к типу RR Лиры. Переменные X 13, X 15 и X 28, несомненно, относятся к подтипу RRa.

Var 156, возможно, является затменной и поэтому заслуживает в дальнейшем особого внимания.

4. В процессе работы были обнаружены некоторые ошибки и опечатки в идентификации известных переменных, содержащихся в каталоге Со́йер. В табл.5 приводятся исправленные и уточненные данные.

Таблица 5.

Var	vZ	Var	vZ	Var	vZ	Var	vZ
3	1080	146	—	173	719	185	705
127	1193	151	831	182	694	186	877
144	1076	152	1151	183	961	187	661*
145	944	154	803	184	645	188	641

Следует подчеркнуть трудность открытия переменных звезд в богатом ими плотном скоплении путем бликования. Очень легко принять за переменную соседнюю звезду. Не исключено, что именно поэтому некоторые из переменных, содержащихся в каталоге Со́йер, оказываются звездами постоянного блеска, а рядом с ними обнаруживаются истинные переменные. При этом нельзя поспешно отождествлять эти новые переменные с известными, так как при дальнейшем исследовании может оказаться, что звезды, казавшиеся постоянными, все же меняют свой блеск. Неточность определения прямоугольных координат, которые до недавнего времени служили основным источником отождествления переменных в шаровых скоплениях, также является причиной возможных недоразумений и ошибок в отождествлении этих звезд.

На примере примечания к табл.2, относящегося к звезде X 34, можно убедиться, насколько трудно бывает разобраться в отождествлении звезд в скоплениях без карты, даже при наличии детальных описаний характерных конфигураций. Публикуемая крупномасштабная фотография центральной области скопления должна облегчить дальнейшую идентификацию новых переменных.

5. Скопление может содержать значительное число переменных с небольшими амплитудами изменения блеска. На это, в частности, указывает Шепли [10]. К числу таких звезд относятся Var 203 и Var 204. Нами также, по-видимому, открыто 9 переменных с небольшой амплитудой изменения блеска (X 1, X 2, X 5 и др.). Они не включены в табл.2 и не отмечены на рис.1, так как по имеющемуся материалу трудно судить о реальности их изменений.

Из 13 звезд, заподозренных Шепли в переменности блеска (содержащихся в табл.II работы [3]), нами независимо открыты 1 (Var 143), 3 (X 14), 7 и 11 (Var 176). Из 17 звезд, на возможную переменность которых обращают внимание Шепли и Дэвис [11], ни одна не обнаружилась при бликовании. Точно так же мы не обнаружили переменности блеска 5 звезд, заподозренных Гринштейном [2].

* Var 187—северная компонента тесной двойной vZ 661.

Таким образом, к 187 переменным звездам, содержащимся в МЗ, следует добавить 18 звезд, открытых нами, а также Var 8 и Var 156, переменность блеска которых независимо установлена в настоящей работе.

Если учесть, что открытые Н. Е. Курочкиным [12] переменные типа RR Лиры СПЗ 1264 = vZ 89 и СПЗ 1276 = vZ 1221 [13], отстоящие от центра МЗ на 18' и 28', находятся у границ короны скопления [14] и нет оснований отрицать их принадлежность к системе, то можно заключить, что в пределах 28' от центра в МЗ содержится по крайней мере 209 переменных звезд.

В результате дальнейших исследований с длиннофокусными инструментами это число, несомненно, будет увеличено.

Литература

1. H. B. Sawyer, David Dunlap Obs. Publ. **2**, № 2, 1955.
2. J. L. Greenstein, AN **257**, 302, 1935.
3. H. Shapley, Mt Wilson Contr. № 91; ApJ **40**, 443, 1914.
4. J. Larink, Bergedorf Abh. **2**, № 6, 1926.
5. Th. Müller, Berlin-Babelsberg Veröff. **11**, 1, 1933.
6. H. v. Zeipel, Annales de l'Observatoire de Paris, **25**, F1-101, 1908.
7. S. I. Bailey, HA **78**, part 1, 1913.
8. A. R. Sandage, AJ **58**, 61, 1953.
9. H. C. Arp, AJ **60**, 1, 1955.
10. H. Shapley, Mt Wilson Contr. № 154, 1917.
11. H. Shapley, H. N. Davis, Mt Wilson Contr. № 176; ApJ **51**, 140, 1920.
12. Н. Е. Курочкин, АЦ № 205, 1959; ПЗ **13**, 2, 1961.
13. Б. В. Кукаркин, АЦ № 216, 1960.
14. П. Н. Холопов, АЖ **32**, 309, 1955.

Гос. астрономический ин-т им. Штернберга,
декабрь 1962 г.