

РЕНАТА Г. МНАЦАКАНЯН, КАРИНЕ А. СААКЯН

## ГОЛУБЫЕ ОБЪЕКТЫ В ОБЛАСТИ ВОКРУГ ШАРОВОГО СКОПЛЕНИЯ М 92.

1. *Вводное замечание.* Голубые объекты, расположенные на высоких галактических широтах, только в последние годы стали привлекать особое внимание. Часть их является звездами. Изучение природы и распределения этих звезд крайне важно для понимания происхождения и развития сферической подсистемы Галактики и составляющих ее звезд.

Другая часть голубых объектов, расположенных на высоких широтах, является внегалактическими образованиями. Это квазизвездные радиоисточники, квазизвездные объекты и компактные галактики, ныне привлекающие внимание многих астрофизиков и физиков своей крайне необычной природой.

Настоящая статья посвящена результатам поисков и трехцветной фотометрии голубых звезд и объектов, расположенных в области вокруг шарового скопления М 92.

2. *Наблюдения и цветовая система.* На 40" телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории в период с 4 IX 1966 по 23 VII 1968 гг. были получены снимки области в 16 кв. град. вокруг М 92 ( $b = +33^\circ$ ) в системе UBV. Для этой цели использовались следующие сочетания фильтров и пластинок:

U ORWO ZU—2 + UG2,

B ORWO ZU—2 + GG13,

V Kodak OaD + GG11.

К этой серии снимков были добавлены еще 2 снимка, полученные на Таутенбургском телескопе Э. Хачикяном в цветах В и V. Даты наблюдений и экспозиции пластинок, отобранных для измерений, приведены в табл. 1.

Длительности экспозиций для одного и того же цвета были выбраны разные для того, чтобы иметь возможность фотометрировать как яркие, так и слабые звезды, а также для удобства подбора пар пластинок для блинкования.

Для построения характеристических кривых использованы звезды вокруг шарового скопления М 92, измеренные Сандейджем и Уокером [7]. Номера этих звезд, их звездные величины и цвета приведены в табл. 2. Результаты измерений шести слабых звезд 1, G, XX, V, D, E еще не опубликованы, и данные о них любезно сообщила нам Э. И. Кадла, которая получила их от Сандейджа.

Таблица 1

Дата	Цвет	Обсерватория	Эксп., мин
4/VII 1963	B	Таугенбург	60
28/VII 1963	V	"	60
4/IX 1966	B	Бюракан	30
5/IX 1966	B	"	30
11/IX 1966	V	"	30
11/IX 1966	V	"	30
16/IX 1966	U	"	114
23/XI 1967	B	"	15
25/III 1968	U	"	40
26/III 1968	V	"	30
27/III 1968	U	"	70
21/VII 1968	U	"	30
23/VII 1968	U	"	30

В таблице не приведены данные о звезде X22, для которой Сандейдж и Уокер дают  $V = 15^m 47$ ,  $B - V = 1^m 71$  и которая в период наших наблюдений имела следующие значения блеска и цвета:  $V = 16^m 62$ ,  $B - V = 0^m 21$ ,  $U - B = -0^m 73$ . Блеск ее в период наших наблюдений оставался постоянным и мы не знаем, какова причина получившегося расхождения.

14 звезд из числа обнаруженных нами голубых объектов были отождествлены со звездами, ранее измеренными в работе [9]. Список этих звезд, их звездные величины и цвета, измеренные Сандейджем и Уокером и нами, а также разности цветов (Сандейдж—Бюракан)  $\Delta^+(U - B)$  и  $\Delta(B - V)$ , приведены в табл. 3.

Для каждого цвета в отдельности для этих звезд были построены графики зависимости разности звездных величин, определенных Сандейджем и нами, от яркости (рис. 1). Аналогичный график построили Сандейдж и Лейтен [8] для B величин объектов Рихтера—Саакян [4]. На рис. 1 рядом с графиками для наших объектов приведены такие же графики для объектов Рихтера—Саакян. Из-за недостаточности материала пунктирная часть графиков, относящихся к  $\Delta U$  и к  $\Delta B$ , для

Таблица 2

N	V	B-V	U-B	N	V	B-V	U-B
X 1	14. <sup>m</sup> 94	+0. <sup>m</sup> 70	+0. <sup>m</sup> 27	X 15	13. <sup>m</sup> 46	+0. <sup>m</sup> 50	-0. <sup>m</sup> 09
X 2	12.27	+1.07	+0.98	X 16	14.40	+0.73	+0.22
X 3	13.32	+0.92	+0.71	X 17	14.30	+0.51	-0.08
X 4	13.54	+0.96	+0.66	X 18	13.35	+0.69	+0.25
X 5	14.22	+0.58	+0.03	X 19	14.24	+0.57	+0.03
X 6	14.96	+0.67	+0.18	X 20	15.68	+1.16	+1.05
X 7	15.06	+0.74	+0.32	X 21	13.64	+0.65	+0.16
X 8	11.96	+0.98	+0.61	I	16.26	+0.65	-0.05
X 9	12.48	+0.51	-0.02	G	16.70	+0.26	+0.24
X 10	14.05	+0.73	+0.29	XX	17.40	+0.73	+0.15
X 11	14.43	+0.55	+0.02	V	17.84	+0.50	-0.16
X 12	14.22	+0.59	0.00	D	18.22	+0.40	-0.15
X 13	10.99	+0.77	+0.33	E	18.24	+0.40	-0.18
X 14	10.94	+0.40	0.00				

Таблица 3

$N_{\text{Санд.}}$	$N_{\text{Бюр.}}$	$B_C$	$(U-B)_C$	$(B-V)_C$	$B_B$	$(U-B)_B$	$(B-V)_B$	$\Delta(U-B)$	$\Delta(B-V)$
III 27	351	16. <sup>m</sup> 09	-0. <sup>m</sup> 42	-0. <sup>m</sup> 03	16. <sup>m</sup> 31	-0. <sup>m</sup> 46	-0. <sup>m</sup> 15	+0. <sup>m</sup> 04	+0. <sup>m</sup> 12
I 27	350	15.35	+0.14	+0.16	15.63	-0.09	+0.38	+0.23	-0.22
II 2	352	15.19	-0.16	+0.60	15.32	-0.18	+0.63	+0.02	-0.03
I 13	353	15.15	-0.12	+0.53	15.08	-0.04	+0.40	-0.08	+0.13
I 10	354	15.52	+0.04	+0.01	15.53	-0.07	-0.15	+0.11	+0.16
XII 10	395	15.37	+0.04	+0.15	15.21	+0.04	-0.06	0.00	+0.21
XI 11	396	15.83	-0.34	-0.07	16.10	-0.51	-0.16	+0.17	+0.09
XI 1	397	16.09	-0.49	+0.02	15.91	-0.25	-0.26	-0.24	+0.28
X 5	399	15.54	0.00	+0.04	15.61	+0.02	-0.07	-0.02	+0.11
IX 5	400	13.73	+0.10	+0.55	13.64	-0.05	+0.42	+0.15	+0.13
VII 5	338	15.69	-0.05	+0.70	15.77	+0.01	+0.67	-0.06	+0.03
VI 10	339	15.46	+0.09	+0.17	15.44	+0.19	+0.03	-0.10	+0.14
VI 6	342	13.98	+0.47	+0.79	14.16	+0.11	+0.92	+0.36	-0.13
V 36	345	15.51	-0.17	-0.07	15.80	-0.25	-0.02	+0.08	-0.05

ярких звезд проведена неуверенно. До  $B = 15.<sup>m</sup>25$ , по-видимому, наши  $U$  и  $B$  величины получаются ярче звездных величин Сандейджа, а  $V$  величины отличаются незначительно. Начиная с  $B = 15.<sup>m</sup>25$  разности звездных величин увеличиваются, достигая величины  $-0.<sup>m</sup>4$  у

$V=16^m.5$ . Если продолжить прямую до  $V=18^m.0$ , то можно определить максимальное расхождение  $\Delta m_B = -0^m.9$ . На графике для объектов Рихтера—Саакян, начиная с точки  $V=17^m.5$  разности возрастают в положительную сторону. В отличие от графиков для объектов Рихтера—Саакян графики для наших объектов во всех трех цветах имеют примерно одинаковый вид, это значит, что расхождения в определениях звездных величин не должны сильно влиять на цвета  $U - B$  и  $B - V$ . Цвета, полученные нами, мало отличаются от цветов работ [7,9] и выражаются следующими уравнениями:

$$(U - B)_C = 0.86 (U - B)_B + 0.06$$

$$(B - V)_C = 0.85 (B - V)_B + 0.11,$$

где индексы С и Б означают соответственно цвета, измеренные Сандейджем и нами.

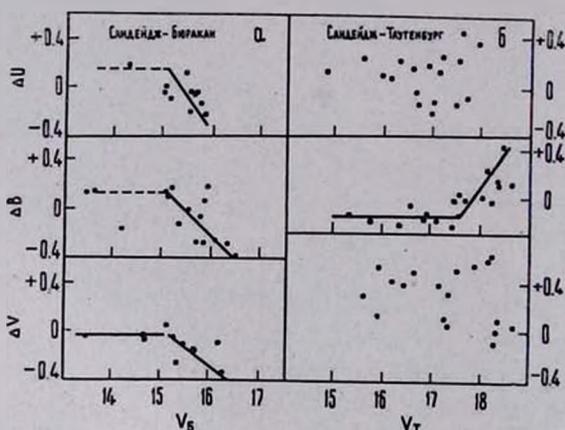


Рис. 1. Зависимость разностей  $\Delta U$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta V$  звездных величин от яркости  $V$ . а)  $\Delta U$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta V$  (Сандейдж—Бюракан), б)  $\Delta U$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta V$  (Сандейдж—Таутенбург) [4, 8].

Նկ. 1.  $\Delta U$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta V$  աստղային մեծությունների տարբերությունների կախումը պայծառությունից: ա)  $\Delta U$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta V$ : (Սանդեյջ—Բյուրական), բ)  $\Delta U$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta V$  (Սանդեյջ—Տաուենբուրգ) [4, 8]:

Решение уравнений цвета дало следующие результаты:

$$U = U_B - 0.11 (U - B)_B + 0.52 \\ \pm 0.02$$

$$B = B_B + 0.08 (B - V)_B - 0.06 \\ \pm 0.05$$

$$V = V_B + 0.04 (B - V)_B - 0.04 \\ \pm 0.04$$

Средние ошибки измерений в различных цветах соответственно равны:

$$\sigma_U = \pm 0.059, \sigma_B = \pm 0.066, \sigma_V = \pm 0.064.$$

3. *Обсуждение результатов.* Работа по обработке полученных пластинок состояла из двух частей. Первая часть заключалась в поисках и составлении списка объектов, заподозренных в том, что они голубые (см. подробно приложение II). Вторая часть работы заключалась в фотометрическом определении величин UBV. В результате этого из списка заподозренных объектов был произведен окончательный отбор голубых и белых объектов. В первую часть работы входило также получение данных для определения вероятности отбора голубых объектов и оценки полного числа голубых и белых объектов в исследуемой области, включая и те, которые по случайным причинам были пропущены наблюдателями независимо друг от друга, просматривавшими пары пластинок, снятых в разных цветах. Восемь просмотров (4 раза пару U с B, два раза пару B с V, два раза пару U с V), по-видимому, позволили обнаружить все яркие голубые объекты, вероятности нахождения которых велики, и половину слабых голубых объектов, вероятности нахождения которых малы.

После всех просмотров было отмечено около 2000 объектов. Предварительная серия измерений в трех цветах позволила отобрать для дальнейшей обработки 1000 объектов. Последующие измерения: пять пластинок в цвете U, по четыре пластинки в цветах B и V позволили выявить 843 голубых и белых объекта с цветами, удовлетворяющими одному из следующих условий:  $U - B < +0^m 2$  или  $B - V < +0^m 2$ . Эти объекты были разделены на пять групп в зависимости от их положения на двухцветной диаграмме  $U - B / B - V$  (рис. 6).

I. Объекты, которые могут принадлежать главной последовательности  $U - B < 0^m 0, B - V < 0^m 0$ .

II. Очень голубые объекты, среди которых могут быть квазизвездные объекты  $U - B < -0^m 4, B - V > 0^m 0$ .

III. Умеренно голубые объекты, среди которых также могут быть квазизвездные объекты  $-0^m 4 < U - B < -0^m 2, B - V > 0^m 0$ .

IV. Субкарлики  $-0^m 2 < U - B < +0^m 2, B - V > 0^m 0$ .

V. Объекты неизвестной природы  $U - B > 0^m 0, B - V < 0^m 0$ .

В приложении I приведены таблицы, содержащие списки объектов упомянутых пяти групп. В первом столбце каждой таблицы приведен номер объекта по карте отождествления (приложение I, рис. 9-17), во втором столбце дана яркость V, третий и четвертый столбцы представляют собой цвета B - V и U - B соответственно. Карты отождествления представляют собой отпечатки, сделанные с наших снимков в цвете B. Деление обнаруженных объектов на группы носит пре-

дварительный характер и преследует цель облегчить их дальнейшее исследование.

а. *Распределение голубых объектов по яркостям и цветам.* Гистограмма по яркости для всех объектов (рис. 2) показывает, что в распределении объектов намечается некоторая асимметрия. Она, судя

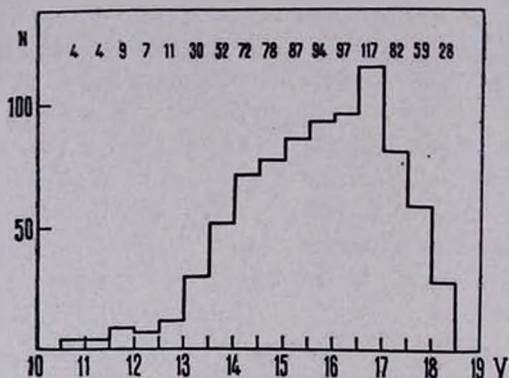


Рис. 2. Гистограмма распределения голубых объектов по яркости  $V$ .

Կգ. 2. Երկնագույն օբյեկտների բաշխման հիստոգրաման ըստ  $V$  պայծառության:

по всему, вызвана неполнотой данных для слабых объектов. На кривых распределения объектов по звездным величинам, построенных раздельно для объектов разной голубизны (списки I—IV), имеется небольшая депрессия (рис. 3а) около  $V = 14^m 0 - 14^m 9$ . На кривой для объектов IV списка кроме того занижено число объектов  $16^m - 17^m$ , несмотря на то, что их абсолютное число больше, чем число объектов  $15^m - 16^m$ . По-видимому, это те объекты, вероятность обнаружения которых сравнительно мала и которые будут обнаружены при повторных просмотрах. Для объектов III списка такого дефицита не замечается, однако объекты этого же списка, лежащие на двухцветной диаграмме (рис. 6) правее прямой черного тела, имеют вышеупомянутый дефицит. Все объекты, лежащие правее прямой черного тела, имеют такую депрессию, независимо от их голубизны (рис. 3б). Такой же дефицит имеется и у голубых объектов других авторов. На рис. 3в сравниваются распределения по яркостям 400 объектов Аро и Лейтена [3], голубых звезд типов O—B, взятых из работ Гринстейна и Файге [11, 12] и тех из наших объектов, цвета которых лежат в пределах  $U-B < -0^m 4$  и  $B-V < 0$ . Для этих же объектов построен график  $\log N/m$  (рис. 4). Дефицит объектов 14—15 величин должен дать изменение наклона кривых на рис. 4, но такого резкого изменения наклона, на основании которого Сандейдж [13] пришел к выводу, что все объекты слабее 15 имеют внегалактическую природу, у нас не

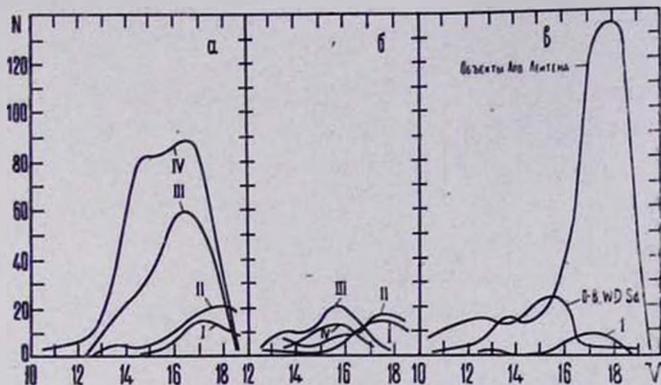


Рис. 3. Распределение голубых объектов и звезд по яркости  $V$ : а) голубые объекты списков I—IV; б) голубые объекты списков I—IV, лежащие на двухцветной диаграмме правее линии черного тела; в) голубые объекты Аро—Лейтена (400 объектов) [3], звезды типов O—B, белые карлики, субкарлики [11, 12] и наши объекты I списка.

Նկ. 3. Երկնագույն օբյեկտների և աստղերի բաշխումը ըստ  $V$  պայծառության՝ ա) I—IV ցուցակների երկնագույն օբյեկտներ, բ) I—IV ցուցակների երկնագույն օբյեկտներ, որոնք ընկած են երկգույնանի դիագրամայում սև մարմնի զծից աջ: գ) Հարո—Լեյտենի երկնագույն օբյեկտներ (400 հատ) [3]. O—B տիպի աստղեր, սպիտակ բզուկներ, ենթաբզուկներ [11,12] և մեր I ցուցակի օբյեկտներ:

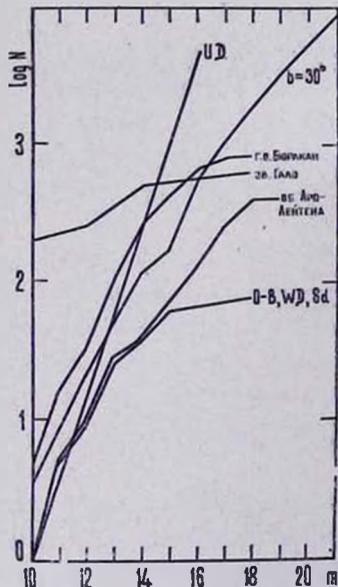


Рис. 4. График  $\log N/m$  для звезд O—B, белых карликов и субкарликов [11, 12] для объектов Аро—Лейтена [3], для звезд гала [13], для голубых объектов (Бюракан) и звезд галактической широты  $b = 30^\circ$ .

Նկ. 4.  $\log N/m$  գրաֆիկը — O—B տիպի աստղերի, սպիտակ բզուկների և ենթաբզուկների [11, 12], Հարո—Լեյտենի օբյեկտների [3], հալոյի աստղերի [13], երկնագույն օբյեկտների (Բյուրական) և  $b = 30^\circ$  գալակտիկ լայնության աստղերի համար:

наблюдается. Небольшое изменение углового коэффициента есть, но не в сторону его увеличения, как у Сандейджа от 0.07 до 0.38, а наоборот, в сторону уменьшения. Вид кривой для объектов Аро и Лейтена не отличается от нашей, тогда как кривая голубых звезд [11, 12] имеет очень малый наклон, похожий на наклон кривой для звезд гало (см. рис. 5 в работе [13]). Максимальное число самых голубых объектов приходится на  $V = 17^m - 18^m$ , у менее голубых объектов максимум смещен в сторону более ярких  $V = 15^m - 16^m$ .

На рис. 5 приведено распределение наших голубых объектов по цветам для трех различных интервалов звездных величин. Здесь также заметно, что самые голубые объекты встречаются среди самых слабых. На кривой распределения слабых объектов  $V \leq 17^m.1$  по цвету  $B - V$  наблюдается дефицит объектов с цветами  $B - V = +0^m.3$ .

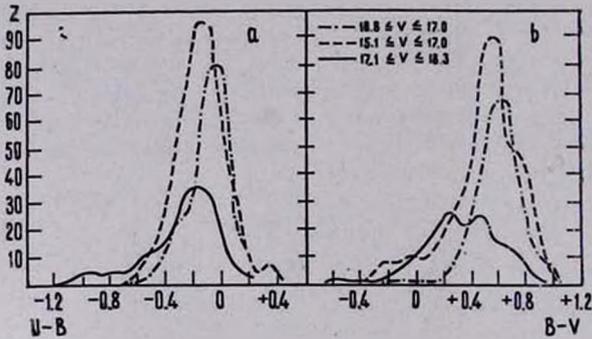


Рис. 5. Распределение голубых объектов по цветам: а)  $U - B$ , б)  $B - V$ .  
 Նկ. 5. Երկվադրանցի օբյեկտների բաշխումը ըստ գույների՝ ա)  $U - B$  բ)  $B - V$ :

6. *Двухцветная диаграмма.* Голубые объекты, обнаруженные нами, занимают на двухцветной диаграмме (рис. 6) следующие области: 1) Около 230 объектов попадают в очерченную пунктиром полосу, расположенную вдоль линии главной последовательности. Приняв, что абсолютные значения случайных ошибок измерений цветов  $U - B$  и  $B - V$  не превышают  $0^m.1$ , мы могли бы считать, что эти звезды принадлежат главной последовательности. Однако на линию главной последовательности ложатся не только звезды главной последовательности, но и голубые звезды шаровых скопления и соответствующие звезды гало. Для выяснения вопроса допустим сначала, что эти объекты действительно являются звездами главной последовательности населения I типа. Для последних по их цвету  $U - V$  можно определить приближенный спектральный класс (рис. 7), а следовательно, и абсолютную величину. Мы вычислили абсолютные величины для 19 объектов, которые лежат на линии главной последовательности, и,

сравнив с видимыми величинами, определили их расстояния. В табл. 4 приведены: номер звезды, цвет  $U - V$ , спектральный класс, яркость  $B$ , абсолютная величина и расстояние. Вычисленные на основе сделанного выше предположения расстояния, за исключением трех случаев,

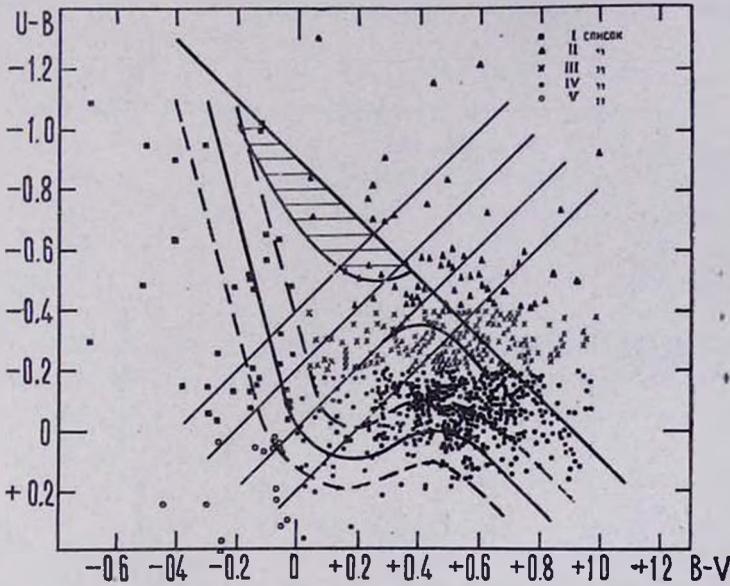


Рис. 6. Двухцветная диаграмма для голубых объектов.

Նկ. 6. Երկնագույն օբյեկտների երկգույնների դիագրամը.

получаются настолько большими, что эти звезды оказываются за пределами Галактики. Поэтому гораздо более естественно предположить,

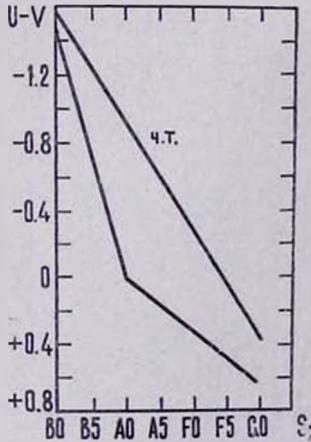


Рис. 7. График зависимости цвета  $U - V$  от спектрального класса (ч. т. — теоретическая зависимость для черного тела).

Նկ. 7.  $U - V$  գույնի կախման գրաֆիկը սպեկտրալ դասից (չ. տ. — տեսական կախումը սև մարմնի համար):

что почти все эти объекты являются звездами гало, которые по своей природе соответствуют типу голубых звезд шаровых скоплений ( $0 < M < +3$ ), а некоторые из них, например 345, 351, 395, возможно, находятся на расстоянии скопления М 92 и даже могут принадлежать скоплению.

Таблица 4

N	U—V	Sp	B	M	r кпс
5	-0 <sup>m</sup> .10	B9	17 <sup>m</sup> .63	+0 <sup>m</sup> .8	23
14	-0.35	B7	17.04	+0.1	25
16	0.00	A0	17.94	+1.1	23
200	-0.27	B8	17.22	+0.5	22
209	-0.06	A0	16.00	+1.1	10
345	-0.27	B8	15.82	+0.5	11
347	-0.66	B5	16.58	-0.7	29
351	-0.61	B6	16.46	-0.3	22
395	-0.67	B5	16.26	-0.7	25
408	-1.14	B2	14.00	-2.4	19
438	+0.01	A0	16.53	+1.1	12
536	-0.11	B9	17.91	+0.8	26
596	-1.15	B2	16.28	-2.4	55
775	-0.17	B9	17.34	+0.8	20
794	-0.06	A0	17.71	+1.1	21
809	-0.38	B7	17.72	+0.1	33
838	-1.24	B1	17.57	-3.2	224
841	+0.02	A0	17.70	+1.1	21

2) 7 объектов попадают в область, где обычно лежат белые карлики (рис. 6, горизонтальная штриховка). Примечательно, что все эти объекты очень слабы. В табл. 5 приведены яркости и цвета этих объектов.

Таблица 5

N	V	B—V	U—V	N	V	B—V	U—V
17	18.30	+0.20	-0.20	596	18.40	+0.05	-0.70
39	18.10	+0.04	-0.83	594	18.25	+0.16	-0.54
128	18.08	-0.13	-0.99	827	17.62	-0.12	-1.01
349	18.40	+0.23	-0.54				

Если предположить, что это белые карлики, то для них можно вычислить расстояния, приняв, что средняя абсолютная яркость белых карликов равна  $+12^m$ . Расстояния получаются порядка 100 парсек.

Плотность белых карликов ярче  $18^m_0$  равна 1 на кв. градус [8]. Следовательно, ожидаемое число белых карликов в исследуемой облас-

ти должно быть порядка 15. Не имея спектров и собственных движений, мы не можем определенно утверждать, что данные объекты действительно являются белыми карликами. Однако можно сказать, что вышеприведенные 7 объектов являются, среди наших звезд, наиболее вероятными кандидатами в белые карлики.

3) 134 объекта лежат правее прямой черного тела, где обычно располагаются старые „новые“, звезды SS Cyg, U Gem и квазары. Возможно, что среди этих объектов наряду со звездами имеются и объекты, имеющие внегалактическую природу. Учитывая, что поверхностная плотность квазизвездных объектов ярче  $18^m$ , найденная Сандейджем и Лейтенем по объектам Аро и Лейтена равна 0.4 на кв. градус [8], следует ожидать, что число квазизвездных объектов среди наших 134 объектов должно быть порядка 5—10. Поэтому можно считать, что большинство объектов являются звездами указанных выше типов.

Если нанести на диаграмму  $U - B/B - V$  видимую яркость каждого объекта и разделить диаграмму на интервалы по цвету  $U - V$ , то можно заметить, что в верхней части диаграммы расположены сравнительно слабые объекты, а по мере увеличения цвета  $U - V$  от  $-0^m.4$  до  $+0^m.2$  (параллельные прямые на рис. 6) и при продвижении вдоль прямой черного тела к правому краю диаграммы видимые яркости объектов возрастают. Построим зависимость яркости  $V$  от цвета  $U - V$  для объектов I и II списков (рис. 8). Если исклю-

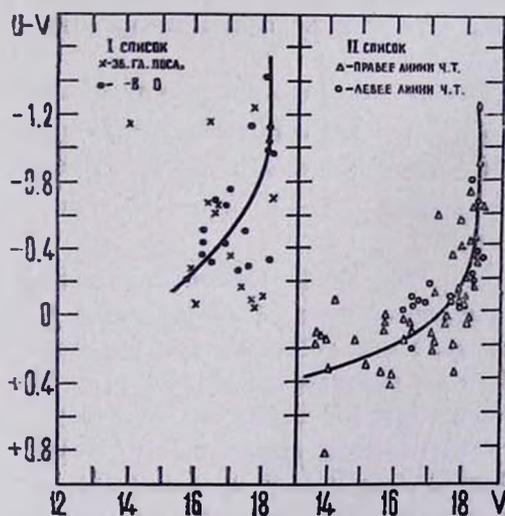


Рис. 8. Зависимость цвета  $U - V$  от яркости  $V$  для объектов I и II списков.

Նկ. 8.  $U - V$  գույնի կախումը  $V$  պայծառությունից I և II ցուցակների օբյեկտների համար:

чить влияние звезд, лежащих на главной последовательности (крестики), то вид зависимости для обоих списков станет одинаковым. Чем сла-

бее объект, тем он голубее. Цвета слабых объектов изменяются в широком диапазоне ( $-1^m2 < U - V < 0$ ). Увеличение яркости сопровождается покраснением цвета и уменьшением разброса цветов ( $0 < U - V < +0^m4$ ). Чем вызван такой эффект и реален ли он в настоящей работе, мы объяснить не можем.

4) Большинство наших голубых объектов, списки III и IV, попадают в область расположения субкарликов классов F и G — правый нижний угол диаграммы, наклонная штриховка. По-видимому, они являются звездами указанных типов.

5) Незначительную группу (13 объектов) составляют объекты с цветами  $U - V > 0$  и  $B - V < 0$ . Эти объекты неизвестной природы были включены в V список.

4. *Заключение.* В области площадью 16 кв. градусов были найдены 843 голубых объекта с  $B = 11^m5 - 18^m5$  и цветами, удовлетворяющими одному из следующих условий:  $U - V < +0^m2$  или  $B - V < +0^m2$ . Средняя поверхностная плотность этих объектов равна 53 на кв. градус, однако нам удалось выявить только половину голубых объектов, имеющих в исследуемой области. Следовательно, плотность объектов, подсчитанная для ожидаемого числа голубых объектов (1500), должна быть вдвое больше. Плотность очень голубых объектов  $U - V < -0^m4$ ,  $B - V < 0$ , число которых в наших списках равно 18-ти, равна 1.1 на кв. градус. Для объектов Аро-Лейтена, которые имеют сходные цвета и яркости, плотность равна 1.2 на кв. градус [14]. Объекты Рихтера—Саакян с такими же параметрами имеют плотность, равную 2.6 на кв. градус.

Распределение голубых объектов по яркостям имеет депрессию у  $V = 13^m - 14^m$ , которая особенно четко выражена у объектов, лежащих правее прямой черного тела. В распределении слабых голубых объектов  $V \leq 17^m1$  по цвету  $B - V$  имеется недостаток объектов с цветом  $B - V = +0^m3$ .

Исследованная группа голубых объектов представляет собой смесь объектов и звезд различной физической природы: звезды горизонтальной ветви — звезды гало и голубые звезды шаровых скоплений, субкарлики классов F и G, квазизвездные объекты. Очевидно, большая часть наших голубых объектов имеет галактическую природу. Объекты, имеющие внегалактическую природу, не должны составлять большого процента. Однако одно только исследование цветов не позволяет сделать определенные выводы о природе этих голубых объектов. Только исследование их спектров и собственных движений позволит выделить те или иные физические группы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ I

## Список I

## Список II

$$U - V < 0^m0, B - V < 0^m0$$

N	V	B - V	U - V
2	17.50	-0.13	-0.17
5	17.63	-0.02	-0.08
8	18.13	-0.29	-0.05
14	17.04	-0.15	-0.20
64	17.45	-0.38	-0.14
66	16.90	-0.10	-0.65
100	16.77	-0.21	-0.12
127	16.18	-0.29	-0.14
128	18.08	-0.13	-0.99
173	17.63	-0.13	-0.15
192	18.07	-0.51	-0.48
200	17.22	-0.06	-0.21
209	16.00	-0.03	-0.03
264	18.18	-0.06	-0.63
271	14.68	-0.16	-0.12
273	18.18	-0.69	-0.29
287	18.15	-0.69	-1.08
337	18.06	-0.41	-0.63
345	15.82	-0.02	-0.25
348	16.58	-0.16	-0.50
351	16.46	-0.15	-0.46
354	15.68	-0.15	-0.07
387	16.14	-0.02	-0.47
396	16.26	-0.16	-0.51
397	16.17	-0.26	-0.25
398	16.49	-0.21	-0.47
408	14.16	-0.41	-0.89
412	16.18	-0.17	-0.21
491	16.76	-0.10	-0.55
536	17.91	-0.02	-0.09
596	16.28	-0.25	-0.90
655	12.64	-0.38	-1.38
676	18.01	-0.50	-0.94
775	17.34	-0.03	-0.14
794	16.95	-0.27	-0.03
809	17.72	-0.06	-0.32
827	17.62	-0.12	-1.01
838	17.57	-0.30	-0.94

$$U - V < -0^m4, B - V > 0^m0$$

N	V	B - V	U - V
17	18.30	+0.20	-0.50
24	17.95	+0.49	-0.41
39	18.10	+0.04	-0.83
51	18.10	+0.44	-1.15
57	18.30	+0.19	-1.08
82	17.93	+0.51	-0.53
112	17.94	+0.47	-0.54
135	18.00	+0.29	-0.69
137	18.24	+0.29	-0.90
142	16.06	+0.52	-0.46
145	17.56	+0.70	-0.49
146	18.16	+0.19	-0.40
150	16.30	+0.87	-0.73
156	17.41	+1.00	-0.92
161	18.15	+0.25	-0.43
165	17.03	+0.65	-0.41
170	16.99	+0.57	-0.44
177	16.51	+0.38	-0.43
214	18.20	+0.50	-0.82
238	16.43	+0.40	-0.41
253	13.85	+0.70	-0.51
280	17.36	+0.61	-0.56
323	18.05	+0.36	-0.55
328	16.13	+0.41	-0.41
349	18.40	+0.23	-0.54
421	17.52	+0.38	-0.42
425	13.50	+0.64	-0.43
434	18.20	+0.25	-0.69
455	16.90	+0.32	-0.47
461	13.68	+0.75	-0.59
464	14.11	+0.50	-0.54
475	17.53	+0.36	-0.44
488	15.78	+0.93	-0.49
494	15.95	+0.69	-0.51
496	16.26	+0.55	-0.57
497	15.44	+0.54	-0.50
513	18.30	+0.60	-1.22
516	17.74	+0.44	-0.56
518	15.48	+0.54	-0.41

527	17.77	+0.23	-0.76
542	16.29	+0.60	-0.51
547	17.00	+0.48	-0.57
567	16.49	+0.51	-0.43
569	18.28	+0.05	-0.70
594	18.25	+0.16	-0.52
610	14.93	+0.63	-0.46
615	17.80	+0.32	-0.70
618	16.44	+0.68	-0.45
619	17.11	+0.25	-0.81
665	18.20	+0.06	-1.30
675	17.97	+0.57	-0.50
689	13.78	+0.74	-0.40
693	15.50	+0.78	-0.41
725	17.36	+0.43	-0.74
736	16.42	+0.40	-0.47
744	17.83	+0.36	-0.41
782	17.82	+0.63	-0.71
790	16.31	+0.50	-0.41
796	15.09	+0.85	-0.52
801	13.87	+1.26	-0.41
803	17.76	+0.42	-0.46
806	17.72	+0.77	-0.40
813	17.06	+0.74	-0.54
822	18.24	+0.41	-0.57
823	13.63	+0.62	-0.47
829	15.84	+0.82	-0.43
837	16.75	+0.39	-0.43

## Список III

$$-0^m 4 < U - V < -0^m 2, \quad B - V > 0^m 0$$

N	V	B - V	U - B
15	18.33	+0.10	-0.20
19	17.15	+0.58	-0.24
30	16.63	+0.21	-0.20
31	16.21	+0.25	-0.22
35	17.06	+0.31	-0.26
36	16.69	+0.44	-0.31
40	17.11	+0.40	-0.28
42	17.12	+0.34	-0.39
45	17.35	+0.45	-0.39

48	17.21	+0.36	-0.26
52	16.90	+0.50	-0.29
53	17.99	+0.40	-0.28
54	17.02	+0.88	-0.30
61	16.30	+0.23	-0.29
62	15.42	+0.75	-0.28
63	17.70	+0.70	-0.20
72	17.43	+0.75	-0.24
74	15.92	+0.70	-0.33
75	17.82	+0.36	-0.37
79	17.92	+0.47	-0.38
85	16.78	+0.72	-0.36
87	15.94	+0.72	-0.29
89	16.98	+0.56	-0.35
92	16.92	+0.35	-0.35
93	15.73	+0.76	-0.20
98	16.73	+0.69	-0.36
106	15.81	+0.84	-0.23
107	16.60	+0.55	-0.25
111	17.13	+0.45	-0.22
113	18.00	+0.59	-0.27
123	15.99	+0.86	-0.25
124	14.19	+0.51	-0.29
132	15.58	+0.59	-0.25
133	15.59	+0.88	-0.28
147	18.36	+0.11	-0.30
148	15.23	+0.67	-0.24
149	13.69	+0.99	-0.38
151	16.77	+0.67	-0.22
154	18.17	+0.32	-0.31
157	16.46	+0.49	-0.32
164	16.42	+0.66	-0.39
166	17.22	+0.89	-0.38
169	17.54	+0.38	-0.26
171	16.38	+0.42	-0.37
179	16.83	+0.94	-0.28
183	16.37	+0.89	-0.32
184	17.11	+0.52	-0.21
185	15.40	+0.16	-0.24
186	16.59	+0.53	-0.30
194	17.20	+0.66	-0.29

201	16.76	+0.28	-0.34	430	17.16	+0.24	-0.25
203	17.00	+0.22	-0.21	437	16.80	+0.07	-0.21
204	17.48	+0.60	-0.25	445	17.26	+0.46	-0.35
211	17.75	+0.48	-0.21	452	14.04	+0.43	-0.24
217	16.64	+0.09	-0.23	462	17.27	+0.41	-0.30
219	14.24	+0.52	-0.31	467	12.15	+0.72	-0.29
224	16.63	+0.55	-0.38	472	16.57	+0.49	-0.21
227	14.81	+0.48	-0.28	474	15.57	+0.43	-0.32
229	16.62	+0.39	-0.20	477	15.87	+0.06	-0.30
231	15.56	+0.36	-0.25	484	15.66	+0.74	-0.28
235	16.68	+0.52	-0.29	486	16.88	+0.42	-0.30
239	16.34	+0.69	-0.21	495	16.89	+0.48	-0.39
240	15.98	+0.54	-0.38	501	13.38	+0.60	-0.36
242	14.20	+0.32	-0.33	504	16.76	+0.43	-0.36
244	17.50	+0.48	-0.25	505	16.38	+0.48	-0.34
247	14.91	+0.59	-0.35	506	17.70	+0.11	-0.22
255	17.00	+0.33	-0.29	507	16.08	+0.62	-0.20
262	16.58	+0.55	-0.30	509	17.03	+0.54	-0.30
266	17.03	+0.40	-0.26	510	15.27	+0.53	-0.21
275	16.74	+0.57	-0.21	515	17.11	+0.57	-0.22
277	16.51	+0.57	-0.28	517	16.02	+0.70	-0.27
279	17.46	+0.23	-0.33	525	16.19	+0.42	-0.39
288	16.63	+0.33	-0.28	528	16.41	+0.71	-0.26
291	15.26	+0.68	-0.20	530	15.56	+0.64	-0.26
292	16.69	+0.47	-0.21	533	15.54	+0.66	-0.35
295	15.37	+0.51	-0.22	541	16.16	+0.43	-0.29
301	15.48	+0.42	-0.28	544	16.43	+0.62	-0.30
302	16.49	+0.58	-0.22	545	13.88	+0.61	-0.31
315	14.84	+0.59	-0.30	549	15.72	+0.71	-0.30
317	17.83	+0.39	-0.21	551	14.56	+0.54	-0.23
318	16.97	+0.45	-0.20	555	14.43	+0.56	-0.23
327	15.45	+0.50	-0.22	557	15.59	+0.56	-0.23
363	17.53	+0.04	-0.21	558	15.10	+0.56	-0.33
366	15.21	+0.73	-0.22	559	15.73	+0.71	-0.37
369	16.64	+0.26	-0.35	560	14.83	+0.65	-0.37
370	15.93	+0.71	-0.20	568	17.23	+0.47	-0.23
379	17.33	+0.15	-0.29	572	15.81	+0.71	-0.39
389	16.23	+0.57	-0.39	574	14.52	+0.95	-0.33
394	14.39	+0.50	-0.22	575	15.55	+0.86	-0.26
406	16.76	+0.49	-0.31	578	17.50	+0.45	-0.35
415	14.74	+0.50	-0.30	582	17.86	+0.40	-0.28

583	12.33	+0.60	-0.23
584	14.69	+0.80	-0.25
585	14.91	+0.76	-0.30
586	13.38	+0.60	-0.39
589	16.52	+0.50	-0.22
590	13.32	+0.54	-0.26
591	15.32	+0.50	-0.39
592	16.54	+0.20	-0.29
595	15.81	+0.04	-0.39
599	14.80	+0.56	-0.27
600	14.44	+0.77	-0.23
601	16.92	+0.43	-0.22
602	17.17	+0.16	-0.23
603	16.78	+0.34	-0.25
604	15.15	+0.54	-0.31
608	17.16	+0.18	-0.35
609	16.77	+0.47	-0.24
614	14.92	+0.59	-0.21
616	15.80	+0.32	-0.38
624	15.97	+0.84	-0.24
627	17.45	+0.16	-0.26
628	15.86	+0.60	-0.28
633	17.31	+0.56	-0.39
634	14.76	+0.62	-0.33
635	13.80	+0.59	-0.30
639	17.65	+0.26	-0.39
640	18.20	+0.10	-0.30
643	13.07	+0.39	-0.22
647	14.75	+0.61	-0.24
655	14.46	+0.52	-0.21
657	16.36	+0.36	-0.26
658	15.08	+0.60	-0.22
659	16.79	+0.63	-0.36
661	16.68	+0.26	-0.22
671	13.54	+0.28	-0.23
673	16.77	+0.26	-0.24
685	14.88	+0.75	-0.35
691	15.13	+0.56	-0.21
698	15.38	+0.69	-0.37
704	13.42	+0.47	-0.21
720	13.78	+0.62	-0.39
728	13.40	+0.71	-0.20

729	14.02	+0.63	-0.28
739	17.69	+0.49	-0.26
740	18.10	+0.19	-0.21
741	13.31	+0.59	-0.32
752	15.02	+0.76	-0.23
755	16.14	+0.39	-0.31
756	14.04	+0.68	-0.32
757	14.04	+0.44	-0.32
760	13.32	+0.53	-0.31
763	16.30	+0.66	-0.25
766	15.47	+0.62	-0.26
768	16.02	+0.46	-0.36
769	15.72	+0.77	-0.25
770	13.48	+0.60	-0.22
774	14.42	+0.55	-0.25
777	15.79	+0.66	-0.38
778	17.07	+0.45	-0.35
779	14.83	+0.53	-0.22
783	15.90	+0.52	-0.25
784	12.73	+0.63	-0.30
785	15.03	+0.84	-0.35
786	13.01	+0.75	-0.28
789	13.17	+0.96	-0.30
791	14.56	+0.48	-0.20
797	16.94	+0.65	-0.35
799	15.54	+0.74	-0.24
800	15.46	+0.77	-0.30
804	13.29	+0.65	-0.23
810	17.55	+0.52	-0.24
817	16.74	+0.42	-0.22
819	17.50	+0.16	-0.21
830	16.76	+0.58	-0.26
835	17.02	+0.73	-0.39
840	16.95	+0.62	-0.25

## Список IV

$$-0.2 < U - B < +0.2, B - V > 0.0$$

N	V	B - V	U - B
6	17.76	+0.28	-0.12
9	17.77	+0.69	-0.17
11	17.65	+0.26	-0.19
12	17.10	+0.37	-0.19
13	17.83	+0.11	-0.02

16	17.94	+0.01	-0.01	88	17.39	+0.71	-0.02
18	14.74	+0.40	-0.03	90	15.46	+0.44	+0.01
20	17.35	+0.49	-0.14	91	14.62	+0.49	-0.19
21	16.66	+0.13	-0.13	94	15.60	+0.72	-0.03
23	16.41	+0.27	-0.10	95	16.58	+0.74	+0.02
25	16.58	+0.16	+0.04	96	17.25	+0.90	-0.06
26	17.10	+0.14	+0.20	97	16.21	+0.44	-0.09
27	16.25	+0.22	+0.14	99	15.10	+0.78	-0.13
28	17.83	+0.28	-0.05	101	16.82	+0.81	-0.16
29	16.73	+0.37	+0.09	102	14.18	+0.36	+0.05
32	16.78	+0.44	+0.03	103	16.80	+0.72	-0.10
33	17.61	0.00	+0.01	104	17.05	+0.71	-0.06
34	16.71	+0.26	-0.07	105	16.46	+0.44	-0.03
37	16.96	+0.69	-0.01	108	13.65	+0.56	-0.16
38	16.73	+0.12	-0.09	109	16.79	+0.26	+0.03
41	17.24	+0.69	-0.14	110	16.78	+0.57	-0.15
43	16.84	+0.30	+0.03	114	17.23	+0.60	0.00
44	16.23	+0.29	-0.09	115	16.45	+0.76	+0.14
46	16.75	+0.27	+0.09	116	16.83	+0.14	-0.09
47	15.36	+0.43	-0.02	117	15.22	+0.66	-0.17
49	16.19	+0.40	-0.16	118	17.21	+0.62	-0.06
50	16.92	+0.28	-0.07	119	15.95	+0.78	-0.14
55	17.97	+0.05	+0.16	120	16.25	+0.62	-0.13
56	16.66	+0.89	0.00	121	14.11	+0.41	-0.09
58	16.47	+0.57	-0.15	122	15.85	+0.53	+0.03
59	15.10	+0.43	+0.19	125	15.81	+0.81	-0.05
60	16.90	+0.91	+0.07	126	14.42	+0.42	-0.19
65	16.98	+0.40	-0.09	129	15.26	+0.97	-0.16
67	17.48	+0.06	+0.21	130	16.24	+0.53	+0.05
68	16.20	+0.81	-0.18	131	13.82	+0.60	+0.13
69	16.69	+0.63	+0.12	134	16.64	+0.46	-0.19
70	14.62	+0.49	-0.19	136	15.71	+0.50	-0.19
71	13.81	+0.85	+0.10	138	17.05	+0.29	-0.17
73	17.16	+0.64	-0.08	139	17.11	+0.29	-0.01
76	16.69	+0.27	-0.13	140	17.44	+0.28	+0.03
77	16.81	+0.66	-0.01	141	14.22	+0.59	-0.15
78	16.37	+0.53	-0.02	143	16.60	+0.43	-0.08
80	17.11	+0.42	-0.05	144	14.34	+0.80	-0.10
81	14.54	+0.91	+0.13	152	16.08	+0.69	-0.09
83	15.65	+0.39	-0.14	153	17.10	+0.53	-0.06
86	17.55	+0.06	-0.14	155	15.64	+0.69	-0.12

158	10.77	+0.79	-0.09	226	16.90	+0.32	-0.11
159	17.00	+0.59	-0.11	228	16.11	+0.58	-0.12
160	16.95	+0.34	-0.02	230	14.22	+0.35	+0.18
162	16.16	+0.85	-0.01	232	15.91	+0.51	-0.17
163	16.17	+0.63	-0.18	233	14.87	+0.79	+0.01
167	15.65	+0.38	-0.12	234	13.75	+0.80	-0.13
168	16.45	+0.39	0.00	236	11.86	+0.59	-0.15
172	16.58	+0.63	-0.10	237	16.00	+0.02	+0.13
174	17.70	+0.22	-0.18	241	14.26	+0.80	+0.13
175	16.57	+0.67	+0.14	243	18.27	+0.26	-0.09
176	17.69	+0.23	-0.01	245	15.12	+0.72	-0.18
178	17.43	+0.58	-0.17	246	17.24	+0.58	-0.04
180	16.30	+0.94	+0.12	248	14.54	+0.54	-0.11
181	17.86	+0.28	-0.18	249	15.76	+0.49	-0.10
182	16.84	+0.28	-0.01	250	15.93	+0.42	-0.09
187	16.41	+0.23	-0.01	251	11.48	+0.55	+0.05
188	13.78	+0.71	-0.07	252	16.36	+0.55	-0.17
189	15.72	+0.18	+0.32	254	17.41	+0.70	-0.11
190	16.89	+0.33	+0.03	256	16.00	+0.34	-0.11
191	16.21	+0.89	+0.05	257	16.54	+0.56	-0.02
193	15.95	+0.38	+0.09	258	14.62	+0.66	-0.05
195	15.59	+0.43	-0.08	259	16.66	+0.52	-0.14
196	17.63	+0.13	-0.04	260	16.18	+0.44	-0.11
197	14.54	+0.78	-0.16	261	13.68	+0.40	-0.01
198	17.06	+0.30	-0.16	263	16.11	+0.41	-0.11
199	17.94	+0.26	-0.13	267	14.59	+0.73	-0.13
202	16.75	+0.42	-0.06	268	10.98	+0.40	+0.04
205	16.21	+0.56	-0.10	269	11.96	+0.48	+0.07
206	16.52	+0.16	-0.11	270	14.14	+0.25	+0.10
207	15.32	+0.23	+0.08	272	14.02	+0.71	+0.12
208	14.38	+0.59	+0.07	274	15.39	+0.54	-0.06
210	17.61	+0.12	+0.16	276	16.28	+0.33	-0.14
212	16.27	+0.49	-0.14	278	14.34	+0.70	+0.03
213	13.52	+0.49	+0.08	281	14.04	+0.56	+0.02
215	14.27	+0.47	-0.19	282	15.46	+0.58	+0.12
218	16.33	+0.23	-0.12	283	17.08	+0.32	-0.15
220	14.22	+0.49	-0.07	284	13.52	+0.75	+0.01
221	15.70	+0.27	-0.13	285	17.77	+0.03	+0.12
222	16.16	+0.62	+0.08	286	16.27	+0.49	-0.14
223	12.78	+0.52	-0.05	289	15.74	+0.62	-0.15
225	15.12	+0.57	-0.12	290	12.98	+0.44	+0.02

293	13.43	+0.68	-0.16	346	14.26	+0.52	-0.02
294	15.45	+0.59	-0.03	347	17.69	+0.63	-0.18
296	14.64	+0.68	-0.15	350	15.25	+0.38	-0.09
297	14.55	+0.67	-0.04	352	14.69	+0.63	-0.18
298	16.73	+0.25	-0.13	353	14.68	+0.40	-0.04
299	13.80	+0.66	-0.08	355	14.45	+0.72	-0.06
300	12.59	+0.43	+0.05	356	13.14	+0.58	+0.13
303	16.80	+0.42	-0.06	357	16.46	+0.16	+0.03
304	15.96	+0.47	+0.11	358	16.46	+0.47	-0.15
305	14.81	+0.55	-0.07	359	16.28	+0.63	-0.15
306	11.40	+0.53	-0.01	360	14.10	+0.49	-0.05
307	14.11	+0.53	+0.02	361	16.47	+0.28	-0.04
308	14.02	+0.40	-0.02	362	15.40	+0.58	-0.04
309	14.90	+0.71	+0.07	364	14.42	+0.68	+0.05
310	13.66	+0.64	-0.02	365	13.79	+0.57	+0.03
311	14.30	+0.53	+0.16	367	12.80	+0.57	-0.06
312	13.38	+0.63	-0.11	368	11.19	+0.59	+0.04
313	13.95	+0.71	-0.19	371	14.26	+0.59	-0.04
314	15.78	+0.57	-0.07	372	16.16	+0.84	-0.02
316	16.28	+0.33	-0.14	373	13.79	+0.63	-0.05
319	15.71	+0.72	+0.05	374	16.19	+0.40	-0.07
320	16.88	+0.48	-0.18	375	13.63	+0.61	-0.07
321	15.36	+0.71	-0.11	376	16.94	+0.71	-0.05
322	14.30	+0.75	+0.01	377	14.56	+0.47	-0.14
324	14.00	+0.91	+0.08	378	13.68	+0.48	+0.01
325	15.05	+0.57	+0.16	380	13.66	+0.44	-0.09
326	15.41	+0.54	-0.04	381	12.22	+0.56	-0.11
329	14.94	+0.34	-0.15	382	13.89	+0.63	-0.15
330	14.43	+0.34	-0.01	382	15.55	+0.73	-0.13
331	15.69	+0.45	-0.10	384	16.31	+0.51	-0.19
333	14.15	+0.50	-0.01	385	16.71	+0.29	-0.19
334	11.69	+0.36	-0.04	386	14.16	+0.52	-0.06
335	15.80	+0.44	+0.02	388	15.60	+0.66	-0.10
336	14.96	+0.57	-0.07	390	14.12	+0.73	-0.06
338	15.10	+0.67	+0.01	391	15.43	+0.10	+0.09
339	15.41	+0.03	+0.19	392	13.54	+0.46	-0.10
340	14.05	+0.52	-0.12	393	14.28	+0.58	-0.12
342	13.24	+0.92	+0.11	400	13.22	+0.42	-0.05
343	16.60	+0.40	-0.07	402	15.66	+0.71	-0.10
344	14.63	+0.49	+0.03	403	14.55	+0.69	-0.09

404	16.13	+0.35	-0.02	459	14.91	+0.57	-0.05
405	15.22	+0.72	+0.04	460	14.53	+0.50	-0.07
407	15.28	+0.86	-0.04	463	16.54	+0.48	-0.12
409	15.52	+0.45	+0.01	465	14.51	+0.27	-0.12
410	13.21	+0.48	-0.18	466	16.12	+0.46	-0.06
411	16.86	+0.32	0.00	468	15.24	+0.39	+0.05
413	13.93	+0.34	+0.01	469	15.78	+0.49	+0.07
414	14.90	+0.68	+0.10	470	15.32	+0.69	-0.13
416	13.88	+0.44	-0.04	471	17.31	+0.55	+0.05
417	15.37	+0.37	-0.07	473	16.98	+0.45	-0.16
418	17.07	+0.58	-0.10	476	16.30	+0.48	+0.11
419	16.81	+0.27	+0.03	478	15.90	+0.44	+0.11
420	15.59	+0.19	-0.07	479	17.30	+0.47	-0.15
422	12.76	+0.72	-0.06	480	15.44	+0.72	-0.18
423	14.47	+0.30	-0.14	481	15.51	+0.48	+0.11
424	14.71	+0.69	-0.19	483	14.73	+0.68	-0.02
426	14.71	+0.69	+0.03	485	15.92	+0.65	-0.16
427	13.04	+0.62	-0.19	487	17.55	+0.27	-0.11
428	16.68	+0.42	+0.02	489	15.16	+0.95	-0.18
429	15.24	+0.62	+0.06	490	17.51	+0.29	-0.13
431	13.72	+0.37	-0.15	492	17.06	+0.24	0.00
432	14.77	+0.24	+0.01	493	16.27	+0.58	+0.05
433	15.01	+0.47	-0.13	498	14.84	+0.61	-0.13
435	11.95	+0.73	+0.04	499	16.54	+0.72	-0.18
436	14.62	+0.34	-0.05	500	16.55	+0.72	-0.19
438	16.53	+0.07	-0.06	502	16.78	+0.38	-0.07
439	15.50	+0.57	-0.02	503	14.76	+0.74	-0.05
440	13.97	+0.65	-0.18	508	14.32	+0.63	-0.12
441	14.90	+0.56	-0.02	511	15.72	+0.39	-0.11
443	16.77	+0.28	+0.06	512	14.54	+0.61	-0.04
444	14.66	+0.23	-0.01	514	17.01	+0.49	-0.15
446	13.54	+0.74	-0.06	519	16.88	+0.72	+0.03
447	14.44	+0.57	-0.10	520	16.82	+0.50	-0.06
448	16.90	+0.48	+0.12	521	16.06	+0.90	+0.17
449	14.25	+0.63	-0.15	522	16.06	+0.56	-0.05
450	15.81	+0.81	-0.05	523	17.54	+0.09	-0.17
451	15.31	+0.57	+0.02	524	15.47	+0.55	-0.04
453	17.42	+0.16	+0.04	526	16.21	+0.68	-0.19
454	15.23	+0.63	-0.13	529	16.02	+0.58	-0.02
456	14.41	+0.64	-0.07	531	15.05	+0.59	-0.14
457	14.96	+0.32	-0.06	532	15.58	+0.54	-0.04
458	15.06	+0.86	-0.09	534	15.70	+0.76	-0.14

535	17.12	+0.54	-0.07	621	14.99	+0.96	-0.07
537	15.36	+0.75	-0.15	622	15.69	+0.82	+0.02
538	16.52	+0.80	-0.10	623	14.40	+0.52	-0.06
539	15.53	+0.65	+0.03	625	14.82	+0.74	-0.16
540	16.86	+0.38	-0.18	626	17.17	+0.75	-0.06
543	11.74	+0.43	-0.16	629	15.81	+0.51	+0.06
546	12.38	+0.57	-0.07	630	16.94	+0.28	+0.02
548	16.29	+0.50	-0.04	631	15.91	+0.84	-0.05
550	16.39	+0.13	+0.01	632	16.38	+0.67	-0.06
552	17.29	+0.81	-0.06	636	13.33	+0.73	+0.03
553	16.51	+0.51	-0.16	637	10.95	+0.58	-0.08
554	12.95	+0.47	-0.07	638	14.72	+0.56	-0.15
556	14.81	+0.66	-0.03	641	14.53	+0.68	-0.03
561	13.52	+0.87	+0.01	642	15.72	+0.64	-0.08
562	17.30	+0.15	+0.07	644	14.83	+0.63	+0.06
563	16.97	+0.56	+0.16	645	12.46	+0.66	+0.06
564	17.30	+0.36	-0.11	646	14.31	+0.62	-0.07
565	13.89	+0.63	-0.12	648	17.18	+0.79	-0.17
566	17.84	+0.49	-0.12	649	14.12	+0.65	+0.11
570	15.12	+0.76	-0.16	650	13.68	+0.58	-0.08
571	16.34	+0.56	+0.13	651	13.94	+0.57	+0.10
573	17.98	+0.09	+0.12	652	15.03	+0.64	+0.01
576	13.55	+0.79	+0.05	653	15.21	+0.72	-0.15
577	13.18	+0.41	-0.10	654	14.80	+0.63	-0.02
579	14.33	+0.88	+0.03	660	14.20	+0.30	-0.01
580	14.25	+0.57	+0.03	662	13.51	+0.52	-0.13
581	15.06	+0.66	-0.07	663	16.51	+0.58	-0.04
587	13.96	+0.72	-0.10	664	17.02	+0.52	-0.07
588	11.86	+0.50	+0.04	666	14.10	+0.49	+0.03
593	10.95	+0.52	-0.13	667	12.45	+0.71	+0.15
597	16.46	+0.46	-0.14	668	15.72	+0.61	-0.04
598	15.86	+0.50	0.00	669	14.28	+0.44	-0.12
605	17.46	+0.23	-0.03	670	17.53	+0.29	-0.19
606	15.78	+0.43	-0.18	672	13.85	+0.29	-0.19
607	15.52	+0.45	-0.12	674	13.49	+0.47	-0.06
611	15.62	+0.51	-0.14	677	14.92	+0.53	-0.08
612	14.44	+0.61	-0.16	678	15.35	+0.51	-0.17
613	14.05	+0.54	0.00	679	14.17	+0.69	-0.03
617	14.68	+0.76	-0.03	680	15.33	+0.67	-0.14
620	14.37	+0.77	-0.19	681	14.33	+0.68	-0.09

682	11.01	+0.39	+0.04	732	13.06	+0.55	+0.11
683	14.54	+0.76	-0.13	733	14.46	+0.68	0.00
684	14.39	+0.60	-0.10	734	15.08	+0.56	-0.06
686	15.20	+0.52	-0.13	735	15.66	+0.35	-0.18
687	14.70	+0.82	-0.03	737	14.65	+0.72	+0.10
688	15.64	+0.67	0.00	738	15.59	+0.05	-0.17
690	15.29	+0.74	-0.13	742	15.80	+0.39	0.00
692	14.12	+0.97	-0.07	743	15.12	+0.90	+0.02
694	15.48	+0.78	-0.18	745	17.95	+0.19	-0.17
695	14.73	+0.65	-0.13	746	14.73	+0.56	+0.01
696	13.00	+0.74	-0.18	747	14.22	+0.62	+0.01
697	15.55	+0.93	-0.19	748	15.15	+0.56	+0.01
699	13.62	+0.61	-0.09	749	15.14	+0.54	+0.06
700	14.86	+0.64	-0.09	750	14.16	+0.62	-0.11
701	13.83	+0.64	-0.03	751	15.97	+0.58	-0.01
702	12.92	+0.52	+0.16	753	14.52	+0.42	+0.01
703	15.10	+0.38	-0.09	754	15.25	+0.75	-0.11
705	13.90	+0.62	-0.18	758	14.96	+0.83	+0.04
706	15.85	+0.02	+0.36	759	17.56	+0.02	+0.04
707	17.89	+0.11	+0.06	761	14.94	+0.71	-0.10
708	15.24	+0.54	-0.16	762	16.45	+0.51	-0.14
709	16.12	+0.49	-0.02	764	14.69	+0.60	+0.13
710	13.11	+0.62	+0.06	765	16.23	+0.50	-0.05
711	16.01	+0.12	+0.13	767	11.55	+0.62	-0.06
712	16.22	+0.56	+0.10	772	13.76	+0.51	+0.19
713	13.03	+0.65	-0.09	773	16.55	+0.58	+0.03
714	16.07	+0.29	+0.08	776	14.00	+0.82	-0.14
715	13.87	+0.68	-0.03	780	13.07	+0.02	-0.10
716	15.48	+0.47	-0.05	781	14.23	+0.69	-0.03
717	17.14	+0.48	0.00	787	17.01	+0.67	-0.08
718	14.62	+0.74	-0.14	792	14.85	+0.42	-0.09
719	16.11	+0.47	-0.15	793	14.91	+0.78	-0.05
721	14.27	+0.29	-0.08	795	16.15	+0.72	-0.08
722	14.40	+0.49	-0.09	798	15.51	+0.87	-0.15
723	13.56	+0.47	-0.01	802	16.22	+0.62	-0.19
724	15.13	+0.57	-0.19	805	16.77	+0.49	-0.06
726	16.01	+0.58	+0.03	807	16.20	+0.76	-0.05
727	14.45	+0.48	-0.06	808	16.68	+0.55	-0.14
730	14.81	+0.53	-0.01	811	11.92	+0.51	+0.02
731	11.92	+0.51	+0.07	812	16.56	+0.60	-0.13

814	13.55	+0.89	+0.08
815	15.03	+0.65	-0.18
816	17.78	+0.12	-0.17
818	15.16	+0.70	-0.18
820	15.74	+0.41	-0.08
821	16.53	+0.51	+0.01
824	15.08	+0.76	-0.12
825	14.46	+0.62	-0.04
826	16.84	+0.47	-0.07
828	17.31	+0.29	+0.22
831	17.48	+0.37	+0.03
832	16.77	+0.52	-0.03
833	16.71	+0.39	-0.01
834	17.09	+0.31	-0.18
836	17.32	+0.68	-0.10
839	16.65	+0.79	-0.09
841	17.70	+0.06	-0.04
842	13.57	+0.39	-0.13
843	17.02	+0.15	-0.18
844	17.22	+0.32	-0.15

## Список V

U-V > 0<sup>m</sup>0, B-V < 0<sup>m</sup>0

N	V	B-V	U-V
1	16.69	-0.25	+0.41
3	16.81	-0.07	+0.20
4	17.75	-0.14	+0.06
7	16.48	-0.05	+0.32
10	15.05	-0.03	+0.30
22	15.18	-0.44	+0.25
84	15.94	-0.30	+0.25
216	13.46	-0.07	+0.06
265	14.96	-0.05	+0.07
341	15.72	-0.11	+0.07
395	15.27	-0.06	+0.04
399	15.68	-0.07	+0.02
401	15.18	-0.07	+0.23
442	15.96	-0.08	+0.06
482	15.68	-0.26	+0.04
771	16.33	-0.24	+0.37
778	13.62	-0.09	+0.53



Рис. 9.  
 64. 9.

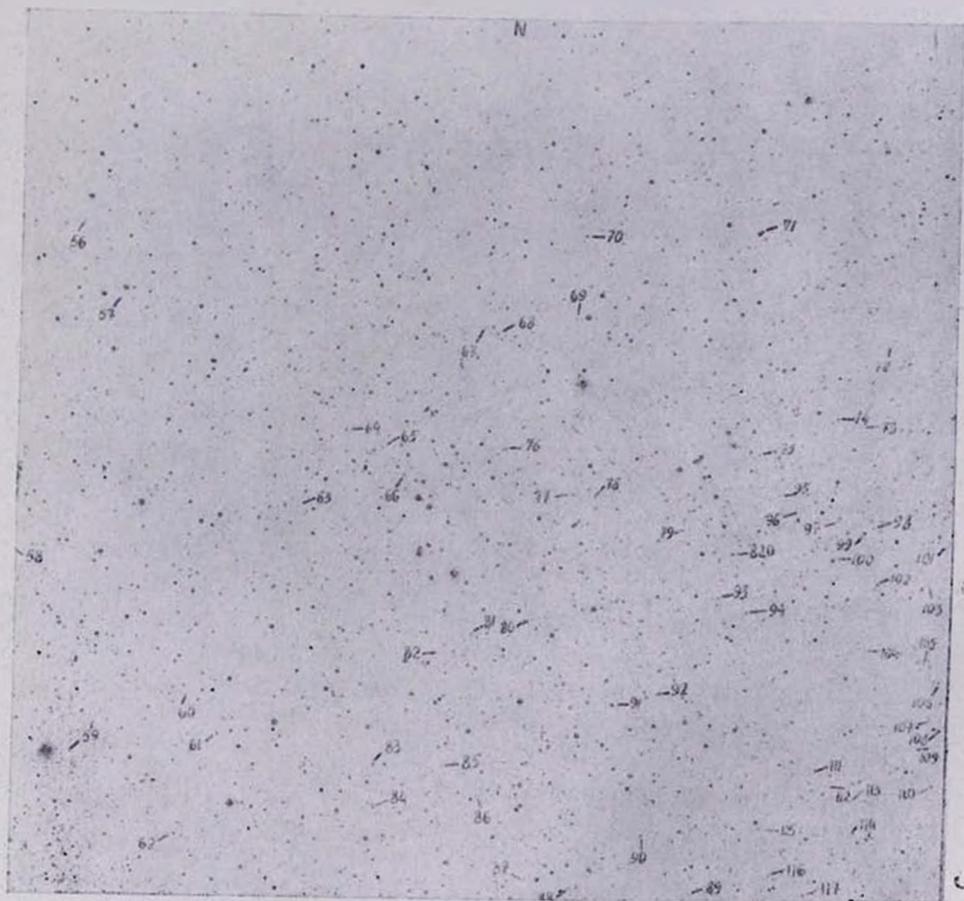


Рис. 10.  
Таб. 10.

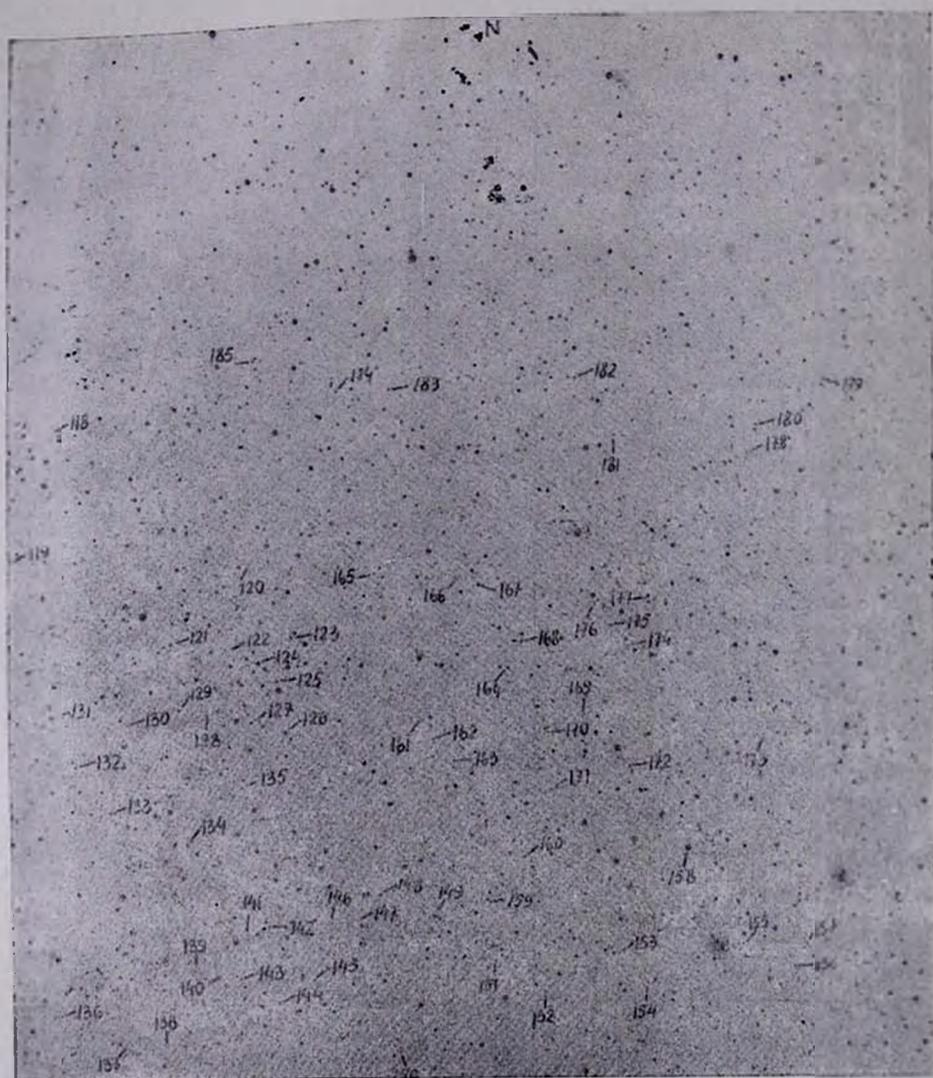


Рис. 11.  
Уд. 11.

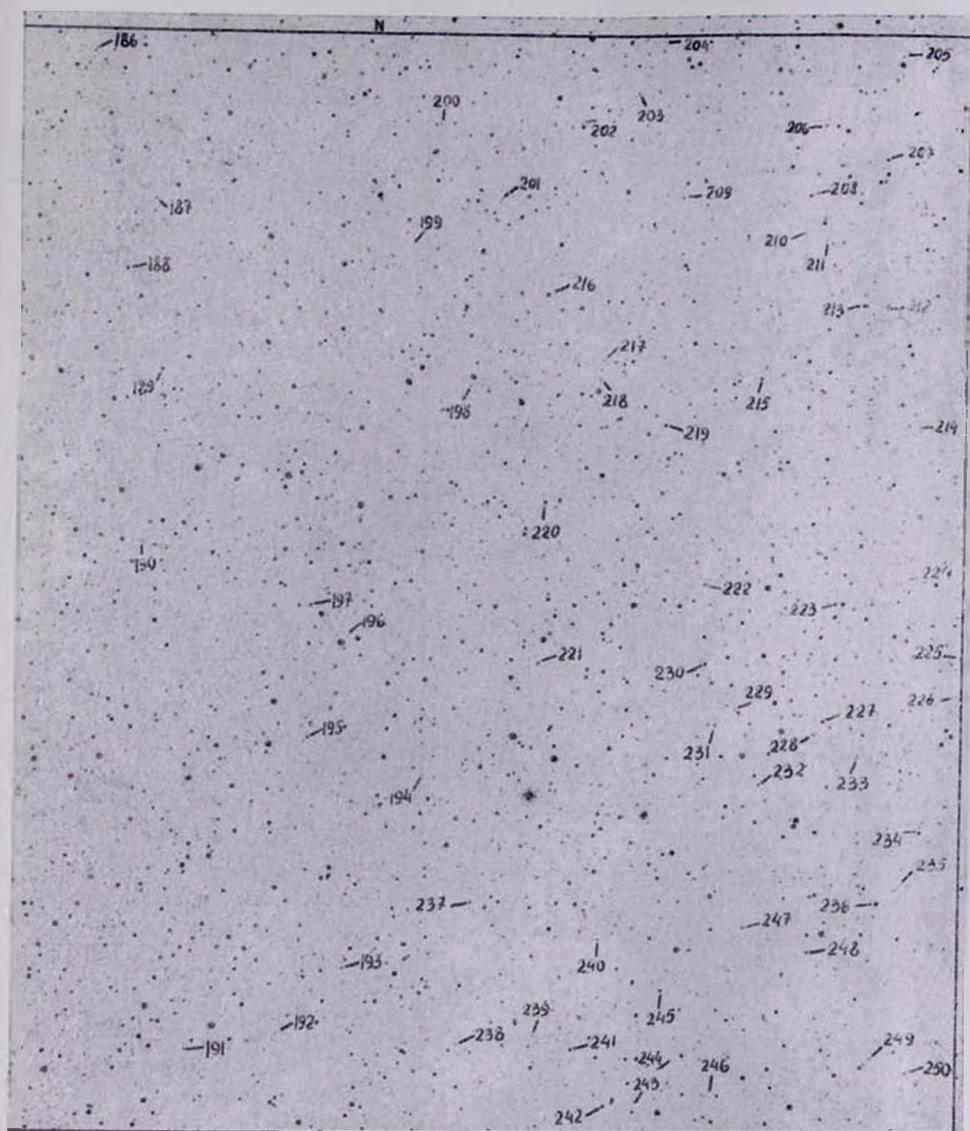


Рис. 12.  
ы 4. 12.

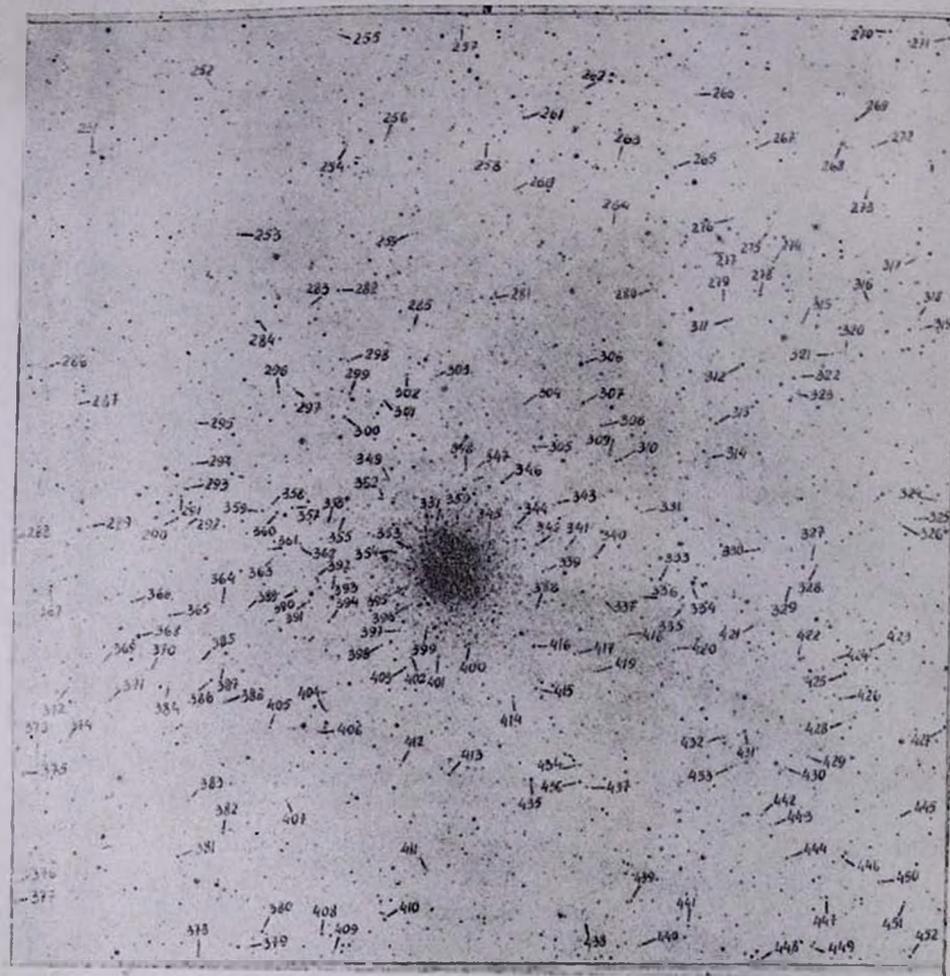


Рис. 13.  
Ъ4. 13.

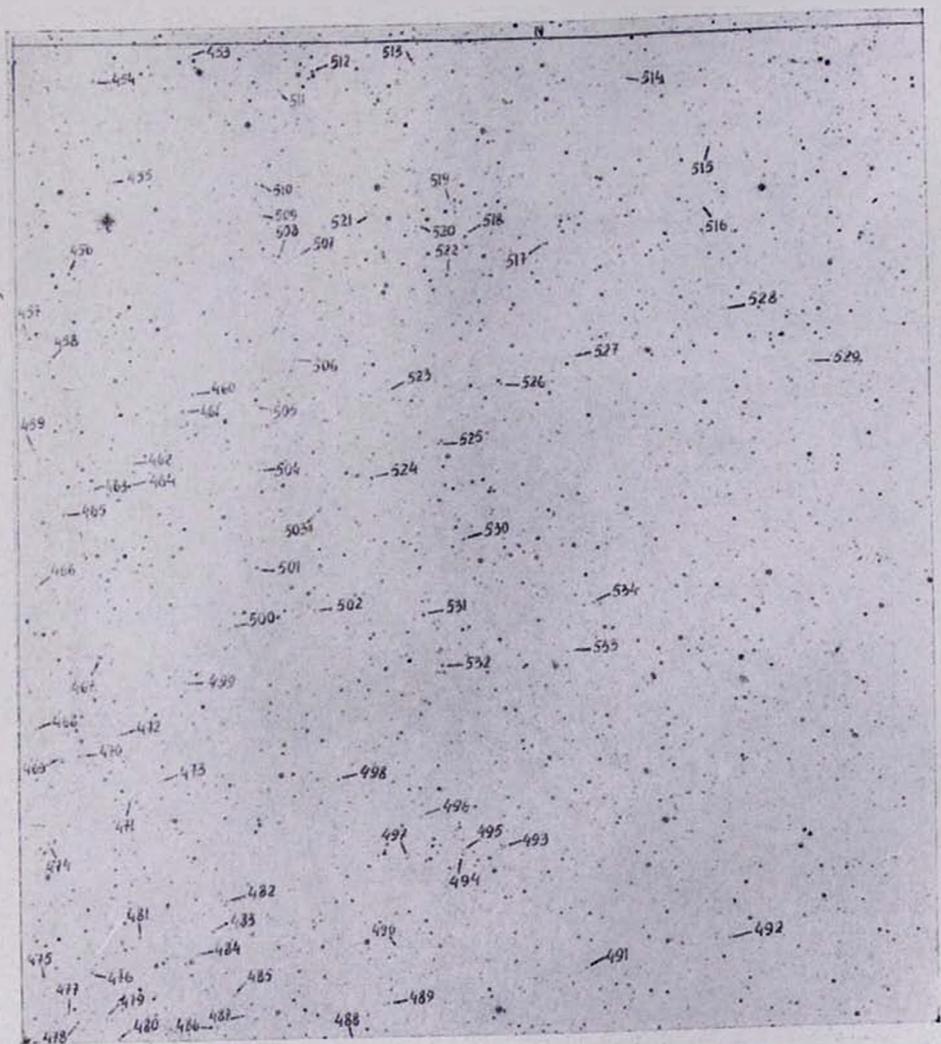


Рис. 14.  
 14.14.



Рис. 15.  
Л4. 15.

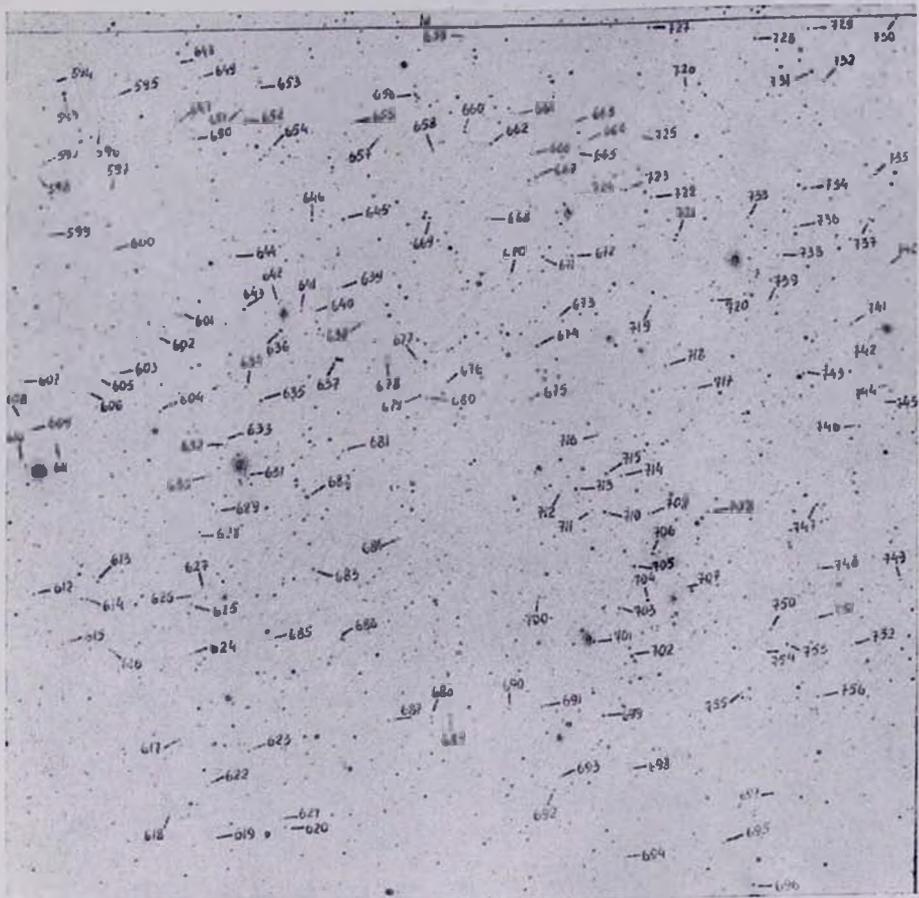


Рис. 16.  
Ъџ. 18.



Рис. 17.

Նկ. 17.

Рис. 9—17. Карты отождествления голубых объектов в области вокруг шарового скопления М 92, полученные со снимка в цвете В. Масштаб: 1 мм = 34".

Նկ. 9—17. Մ 92 զնդանն ստղավույտի շրջակայքի երկնագույն օբյեկտների նույնացման քարտեզներ: Նկարները տպված են Յ հառազայքներում ստացված բիրեդից: Մասշտաբը՝ 1 մմ=34":

## ПРИЛОЖЕНИЕ II

*Отбор голубых объектов и определение вероятности отбора.*

Отбор звезд и объектов, заподозренных в принадлежности к типу голубых, производился на блинк-компараторе. Для этого отбора просматривались пары снимков в цветах UBV с экспозициями 70, 12 и 20 мин соответственно.

Сначала была просмотрена пара U и B по одному разу, двумя наблюдателями независимо друг от друга. В сумме было отмечено 630 голубых объектов, но из них только 29 были отмечены обоими наблюдателями. Тогда эта же пара была просмотрена еще по одному разу двумя наблюдателями. В результате четырех просмотров было отмечено 1180 объектов, из коих отмечались:

$$\text{один раз} \quad - n_1 = 1067,$$

$$\text{два раза} \quad - n_2 = 99,$$

$$\text{три раза} \quad - n_3 = 10,$$

$$\text{четыре раза} \quad - n_4 = 4.$$

После предварительных измерений голубыми и белыми ( $U - B < +0^m.2$ ,  $B - V < +0^m.2$ ) оказались 395 объектов, т.е. только 33% общего числа заподозренных объектов. Для объектов, отмеченных два и более раза, этот процент возрастает. Так, например, очень голубые яркие объекты отмечались при всех четырех просмотрах, т.е. для них этот процент равен 100, тогда как голубые, но слабые объекты отмечались только один раз. Значит, вероятность отбора при одном просмотре зависит как от цвета, так и от яркости объекта.

Допустим, что все голубые объекты независимо от их яркости и степени голубизны обнаруживаются при одном просмотре с одинаковой вероятностью  $p$ . Обозначим общее число голубых объектов на пластинке через  $N$ .

Математическое ожидание числа объектов, отмеченных один раз и пропущенных при трех других просмотрах, будет пропорционально вероятности отбора  $p$ , умноженной на вероятность пропуска объекта  $q = 1 - p$  в третьей степени

$$n_1 = NC_4^1 p (1 - p)^3.$$

Соответственно математическое ожидание чисел однажды, дважды, трижды и четырежды отмеченных объектов в общем виде выразится так:

$$n_i = NC_k^i p^i (1 - p)^{k-i}, \text{ где } i = 1, 2, 3, 4. \quad (1)$$

Левые части уравнения можно приравнять к числам, определенным из наших подсчетов. Подставляя значения  $i = 1, 2$  и деля  $n_1$  на  $n_2$ , можно определить среднюю вероятность отбора голубых объектов

$$\frac{1-p}{p} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1067}{99},$$

которая получается равной  $p = 0.06$ .

Зная  $p$  можно найти предположительное число всех голубых объектов на пластинке, оно равно примерно 5000. Учитывая то обстоятельство, что реально только 33% отмеченных объектов оказываются действительно голубыми, число голубых объектов в исследуемой области должно быть оценено порядка 1500.

Если мы поставили себе целью обнаружить 50% голубых объектов, имеющих на пластинке, то следует произвести такое число  $k$ -просмотров, чтобы отношение числа объектов, пропущенных после  $k$ -просмотров  $N(1-p)^k$ , к числу  $N$  всех голубых объектов было бы равно 0.5.

$$(1-p)^k = 0.5,$$

откуда легко найти  $k$ -число просмотров. Решения этого уравнения для различных  $p$  представлены ниже:

$p$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
$k$	7	6	3	2	1.

Вероятность обнаружения голубых объектов зависит как от цвета, так и от яркости объекта. Для наглядности рассмотрим табл. 6, составленную после окончательной обработки материалов. В таблице все объекты нашего списка разделены на три интервала по яркости:  $U \leq 15^m 5$ ,  $15^m 5 < U \leq 16^m 5$  и  $U > 16^m 5$ . А каждый из этих интервалов в свою очередь разделен на интервалы по цвету  $U-B$ :  $U-B \leq -0^m 7$ ,  $-0^m 69 \leq U-B \leq -0^m 40$ ,  $-0^m 39 \leq U-B \leq -0^m 20$ ,  $-0^m 19 \leq U-B \leq 0^m 0$  и  $0^m 0 < U-B \leq +0^m 20$ .

Для каждого из этих интервалов было подсчитано, сколько объектов было отмечено 4, 3, 2 и 1 раз. В каждой ячейке таблицы приведены три цифры: средняя  $U$  величина, средний  $U-B$  цвет и число объектов данной яркости и цвета отмеченных 4, 3, 2 и 1 раз. В конце таблицы приведены вероятности  $p$ , с которыми отмечаются объекты данной яркости и цвета, определенные по вышеприведенным формулам (1), а также  $\mu$ -математическое ожидание числа объектов для этих интервалов.

Для ярких объектов  $U \leq 15^m 5$  вероятности обнаружения зависят от цвета. По мере убывания цвета убывают и вероятности. Для объ-

Таблица 6

	$U < 15^m5$					$15^m5 < U < 16^m5$					$U > 16^m5$				
$U-B$	-0.7	-0.69	-0.39	-0.19	+0.01	-0.7	-0.69	-0.39	-0.19	+0.01	-0.7	-0.69	-0.39	-0.19	+0.01
созн.	-0.7	-0.40	-0.20	0.0	+0.20	-0.7	-0.40	-0.20	0.0	+0.20	-0.7	-0.40	-0.20	0.0	+0.20
4 раза	12.96 -1.06 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.57 -0.94 1	0	0	0	0
3 раза	0	0	15.30 -0.21 1	14.28 -0.04 1	0	16.35 -1.01 2	15.98 -0.56 2	15.62 -0.28 1	15.85 -0.12 1	0	0	0	0	0	0
2 раза	0	14.59 -0.55 2	14.58 -0.31 8	14.71 -0.11 8	14.52 +0.08 7	0	15.92 -0.50 1	15.92 -0.29 4	15.89 -0.08 7	15.68 +0.10 1	16.96 -1.30 1	17.30 -0.55 4	17.47 -0.31 2	16.57 -0.11 3	16.97 +0.04 2
1 раз	0	14.36 -0.50 5	14.42 -0.27 18	14.17 -0.09 73	14.52 +0.07 32	0	16.11 -0.44 8	16.02 -0.28 28	16.31 -0.11 49	16.23 +0.10 21	17.40 -0.94 10	17.54 -0.47 7	17.46 -0.26 31	17.10 -0.09 34	17.06 +0.07 167
$p$ $n$	(1) 3	0.21 11	0.23 44	0.07 330	0.13 90	0.07 42	0.09 95	0.09 167	0.03 210	0.06 55	0.28 16	0.04 333	0.07 500	0.09 83	

объектов промежуточной яркости  $15^m 5 < U \leq 16^m 5$  средние вероятности малы и такого хода вероятности не наблюдается. Создается впечатление, что они обнаруживаются независимо от цвета с одинаковой вероятностью. Возможно, что это результат неполноты данных. Несколько пропущенных голубых объектов изменили бы статистическую картину. Самые слабые объекты также обнаруживаются с малой вероятностью, среди них исключение составляют объекты с цветами  $-0^m 69 \leq U - V < -0^m 40$ , для которых вероятность равна 0. 28.

В двух последних интервалах по яркости прослеживается зависимость числа многократных обнаружений объектов от яркости: чем ярче объект, тем чаще он отмечается. Слабые объекты, несмотря на их большие отрицательные цвета, отмечались всего один раз. Яркие объекты с малыми отрицательными показателями цвета также отмечаются редко.

Для каждого цветового интервала вычислим средние цвета  $U - V$  и средние яркости объектов, отмеченных 3, 2 и 1 раз. Построим график зависимости средней яркости от среднего цвета (рис. 18). Эти довольно простые выкладки позволяют с помощью графика выявить общую для всех трех кривых тенденцию посинения с уменьшением яркости.

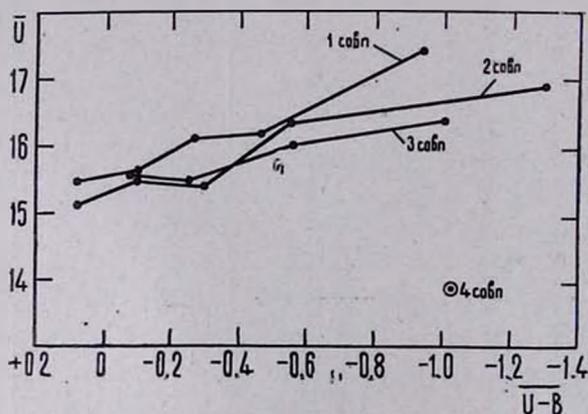


Рис. 18. Зависимость цвета  $U - V$  от яркости  $U$  для объектов, которые отмечались 1, 2, 3, раза.

Նկ. 18.  $U - V$  գույնի կախումը  $U$  պայծառությունից այն օբյեկտների համար, որոնք նշված են ինչպես երկնազույգ օբյեկտներ 1, 2, 3 անգամ:

При такой малой  $p = 0.06$  вероятности отбора голубых объектов область необходимо просмотреть не менее 7 раз, чтобы обнаружить половину голубых объектов, имеющих на пластинке. Область вокруг шарового скопления M92 была просмотрена нами 8 раз: U с V—4 раза, V с V—2 раза, U с V—2 раза. Вероятность обнаружения ярких

голубых объектов довольно велика и можно быть уверенными, что после 8 просмотров списки ярких очень голубых объектов полны на 80 — 90%. Новые просмотры могут увеличить в основном число слабых голубых объектов, списки которых, по-видимому, полны менее чем на 50%.

В результате всех 8 просмотров было отмечено 2000 объектов. После одной серии измерений в трех цветах для окончательной обработки были оставлены 1000 объектов. В окончательном списке, после исключения голубых галактик и звезд, заподозренных в переменности [10], осталось 843 объекта с цветами, удовлетворяющими одному из следующих условий:  $U_1 - B < +0^m.2$ ,  $B - V_1 < +0^m.2$ .

Авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну, Б. Е. Маркарян, Э. Е. Хачикяну и В. Ю. Теребизу за обсуждение работы и ценные замечания.

Июнь 1971 г.

ՌԵՆԱՏԱ Գ. ՄՆԱՏԱԿԱՆՅԱՆ, ԿԱՐԻՆԵ Ա. ՍԱԿԱԿՅԱՆ

ԵՐԿՆԱԳՈՒՅՆ ՕՐՅԵԿՏՆԵՐ Մ 92 ԳԵԴԱԶԵՎ  
ԱՍՏՂԱԿՈՒՅՑԻ ՇՐՋԱԿԱՅՔՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու լ մ

Ս և B, B և V, U և V, թիթեղների զույգերի համեմատման մեթոդով M 92, զնդածև աստղակույտի շրջակայքի 16 քառ. աստիճան տիրույթում հայտնաբերված և չափված են U, B, V աստղային մեծությունները 843 երկնագույն օբյեկտների համար, որոնց պայծառությունները ընկած են  $B = 11^m.5 - 18^m$  տիրույթում, իսկ գույները՝  $U - B < + 0^m.2$ ,  $B - V < + 0^m.2$ : Տվյալները այդ օբյեկտների մասին բերված են հավելված I-ում:

Երկնագույն օբյեկտների հայտնաբերման հավանականությունը կախված է նրանց գույնից և պայծառությունից: Հավանականությունների հաշվման արդյունքները բերված են աղյուսակ 7-ում (հավելված II):

RENATA G. MNATSAKIAN, KARINE A. SAHAKIAN

THE BLUE OBJECTS IN THE REGION AROUND  
GLOBULAR CLUSTER M92

S u m m a r y

In the region of 16 sq. degrees around globular cluster M92 843 blue objects with  $B = 11^m.5 - 18^m$  and with colours  $U - B < + 0^m.2$ ,

$B - V < + 0^m.2$  were detected by blinking the U and B, B and V, U and V pairs of plates. The data for this objects are adduced in supplement of the paper.

The probability of discovery of such objects, which depends on their colours and brightnesses, was calculated and presented in Table 7 (Suppl. II).

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. M. L. Humason and F. Zwicky, Ap. J., 105, 85, 1947.
2. B. Irtarte and E. Chavira, Bull., Obs., Ton., 16, 3, 1957.
3. G. Haro and W. J. Luyten, Bull., Obs., Ton., 22, 37, 1962.
4. N. Richter and K. Sahakjan, Mitt., Karl-Schwarzschild obs. Taut., 24, 1965.
5. К. А. Саакян и Р. Г. Мнацаканян, Астрофизика, 1, 229, 1965.
6. O. J. Eggen Ap. J., 153, 723, 1968.
7. A. Sandage and M. F. Walker, Ap. J., 143, 313, 1966.
8. A. Sandage and W. J. Luyten, Ap. J., 148, 767, 1967.
9. A. Sandage, Ap. J., 157, 515, 1969.
10. Р. Г. Мнацаканян и К. А. Саакян, Астр. циркуляр, 528, 1969.
11. J. L. Greenstein, Ap. J., 144, 313, 1966.
12. J. Fatge, Ap. J., 128, 267, 1958.
13. A. Sandage, Ap. J., 141, 1560, 1965.
14. T. D. Kinman, Ap. J., 142, 1241, 1966.