

ВЪРХУ ФОТОМЕТРИРАНЕТО НА ЗВЕЗДИ  
 ПО ПАЛОМАРСКИЯ АТЛАС

*Малина Попова и Милчо Цветков*

Репродукциите на Паломарския атлас [1] са разпространени в почти всички по-големи обсерватории в света. Те съдържат изключително богат наблюдателен материал, включително за слаби обекти около  $21''$ ,0, и могат да бъдат използвани за редица статистически и фотометрически изследвания на звезди и галактики. Един от авторите (М. Попова) е започнал изследвания на звездните купове по Паломарския атлас на Астрономическият институт Щернберг (ГАИШ) в Москва. Първите резултати за M 67 са публикувани [2].

Секцията по астрономия при БАН също достави Паломарския атлас, което дава възможност тези изследвания да бъдат продължени и у нас. Във връзка с това, а също и поради големите различия в определянето на звездните величини на звездите по Паломарския атлас, получавани от различни автори, бе предприето това изследване върху възможната точност на фотометриране на звезди от атласа с анализ на възможните грешки и избора на подходяща методика. Данните за точността, получени от различни автори, варират в много широки граници — от  $0'',05$  до  $2'',5$ .

Таблица 1

Автор	$\overline{\Delta m_O}$	$\overline{\Delta m_E}$	$\Delta CI$	Източник
S. van den Bergh	0,30	0,30	—	[3]
L. Perek	0,12	0,13	0,15	[4]
Воронцов-Вельяминов и Савельева	2,50	—	—	[5]
Z. Pekny	0,17 0,20	0,15 0,20	—	[6]
Th. Schmidt-Kaler, Th. Vogt	0,30—0,40			[7]
G. H. Takahashi, M. Hiruhata	—	—	—	[8]
J. Dorschner, J. Gürtler	0,13	0,13	0,05	[9]
R. Bajzař	0,9	0,10	—	[10]
М. Попова	0,13	—	—	[2]

На табл. 1 са дадени средните грешки, с които различните автори определят звездните величини по Паломарския атлас:  $\Delta m_O$  — средната грешка, получавана по метода на диаметрите за О-репродукциите,  $\Delta m_E$  — средната грешка за Е-репродукциите,  $\Delta CI$  — средната грешка на цветния индекс.

Освен това бяха проучени и възможностите за изследване по Паломарския атлас на разсейни купове с оглед на разположението им върху съответните репродукции и тяхната населеност.

### 1. МЕТОД НА ФОТОМЕТРИРАНЕ

Основните методи, които се използват за фотометрични изследвания по репродукциите на Паломарския атлас, са следните:

а) измерване на диаметъра на фокалните образи на звездите и установяване на зависимостта им от звездните величини; както показват изследванията на редица автори, формата на калибровъчните криви малко зависи от свойствата на фотоплаката (чувствителност, контрастност, разделителна способност и др.), а се определя основно от обектива на телескопа [11];

б) визуално сравняване на образите на звездите с набор от стандартни образи;

в) пряко фотометриране — като се използват диапозитиви от Паломарския атлас, получени с контактно-вакуумно копиране.

Най-често е използван първият метод като по-прецизен от втория и като по-бърз и удобен от прякото фотометриране, свързано допълнително с получаването на диапозитиви. Посредством този метод са направени серия от изследвания на репродукциите на Паломарския атлас от С. ван ден Берг [3], Л. Перек [4], Б. А. Воронцов-Веляминов и М. Савелева [5], З. Пекни [6], Р. Байцар [10], Т. Шмидт-Калер и Т. Фогт [7], Ш. Такаши и М. Хурохата [8], И. Доршнер и И. Гюртлер [9] и У. ван Алтена [12]. Ние се спряхме също главно на него, но използвахме и пряко фотометриране на диапозитиви.

За получаването на калибровъчните криви на репродукциите на Паломарския атлас ние използвахме при измерванията на диаметрите на звездните образи бинокулярен микроскоп МБС-2, снабден с окулярен микрометър (увеличение  $15\times$ ). Барабанът на микрометъра е разделен на 300 деления, като константата му при увеличение  $30\times$  е равна на 0,338 мт.

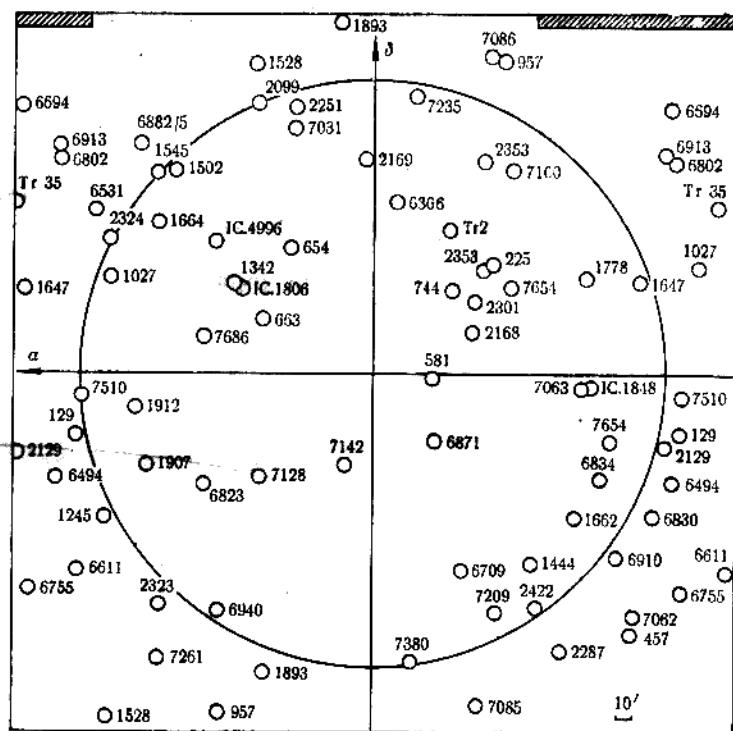
В сравнение с микрометрите на другите автори използваният от нас дава възможност за измервания с повишена точност.

Диаметрите на звездните образи са измервани директно от репродукциите, покрити с паус с изрязан отвор на мястото на измерванията, където е поставен тежък метален пръстен за притискане на репродукцията. При измерванията беше използвано оптималното увеличение на микроскопа —  $30\times$  [10]. Стойностите на звездните диаметри бяха получавани като средно аритметично от пет измервания.

Калибровъчните криви, получени от двамата автори по трите купа в невинетираното поле на репродукция О-1240 — NGC 581, NGC 663, NGC 654 — показваха пълно съвпадение вероятно в резултат на уеднаквените критерии при измерване диаметрите на звездите. Останалите стандарти бяха измерени от М. Цветков.

## 2. ИЗБОР НА СТАНДАРТИ

Отделните автори използват стандарти в различни фотометрични системи — интернационалната система, системата *UBV*, системата *PV* и др. Така например в изследването на Доршнер и Гюртлер са използвани



Фиг. 1

31 стандарта *UBV*, разположени равномерно както по зенитни отстояния, така и по сезони. Перек използва стандарта SA 61, а Байцар, Такаши и Хурохата — стандарта NPS.

В нашето изследване ние се основавахме на фотоелектричните стандарти от Вашингтонския каталог [13], който съдържа 70 стандарта *UBV* в разсейни звездни купове. За най-слабите звезди бяха използвани допълнителни стандарти. За подбора на подходящите стандарти за оценка на влиянието на различните грешки бяха съставени таблици за разпределението на звездните купове от Вашингтонския каталог върху репродукциите (приложение I и II).

На фиг. 1 е дадено положението на 70-те купа от Вашингтонския каталог, в които се съдържат стандартиите, върху репродукциите на Паломарския атлас. Използвани са данните от приложение I. Означени са границите на невинтираното поле.

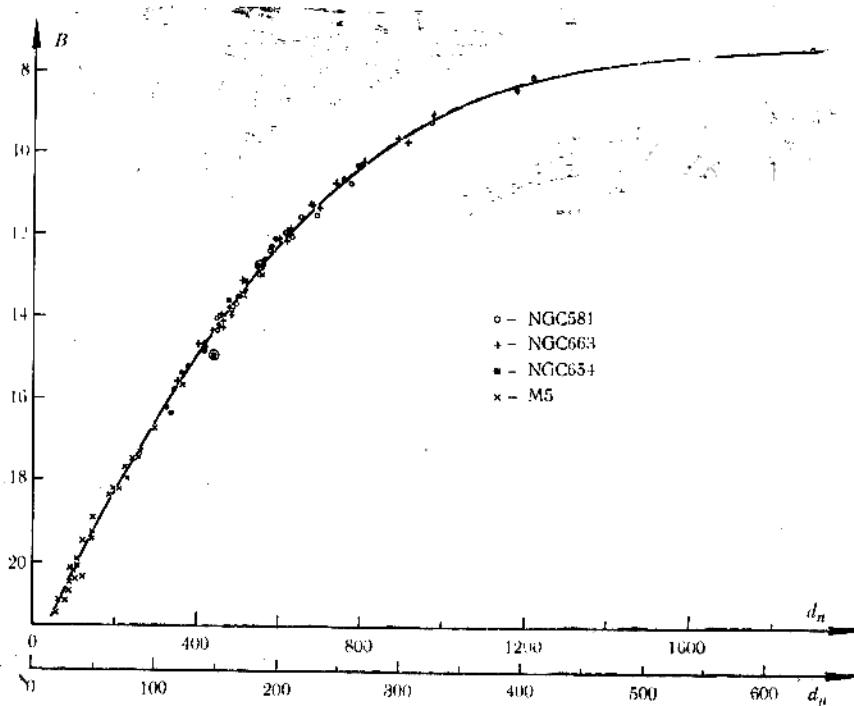
Въз основа на данните от приложението за изучаване вида на калибровъчните криви в зависимост от разстоянието до центъра бе използвана репродукция № 1240, на която са разположени четири стандарта. Трите от тях — в NGC 581, NGC 663 и NGC 654 — се намират в невинтираното поле на репродукцията, а NGC 417 е извън него в долния десен ъгъл. Последното е извънредно удобно за сравняване характера на калибровъчните зависимости за Паломарския атлас в централната част на репродукцията и в нейните най-отдалечени ъгли.

За изследване характера на калибровъчните зависимости за слабите звезди до граничната звездна величина е използван фотоелектричният стандарт  $UBV$  на Арп в M 5 (O-1402), който достига до  $22^m,0$  [14].

Освен споменатите стандарти са измерени и стандартите в NGC 1245 [13] (O-845) и M 67 (NGC 2862) [15] (O-438) за изследване вида на калибровъчните зависимости на различни репродукции на Паломарския атлас.

### 3. КАЛИБРОВЪЧНИ КРИВИ

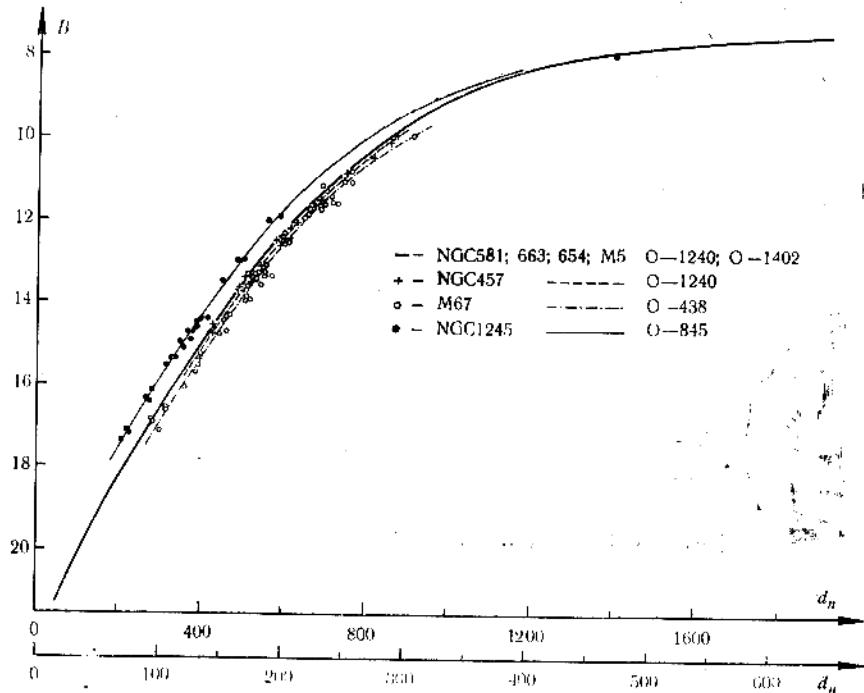
Построяването на калибровъчните криви за О-репродукциите ( $B(d)$ ) се основава на съвпадението на кривите на спектрална чувствителност



Фиг. 2

за величините  $B$  и кривата на спектралната чувствителност за комбинацията на емулсията на плаките Истмен 103a-O (Кодак), които са използвани за получаването на О-репродукциите от Паломарския атлас и корекционната система.

На фиг. 2, където на абсцисата са нанесени стойностите на диаметрите на звездните образи в деления на микрометъра  $d_n$  и в микрони  $d_\mu$ , е показана калибровъчната крива на репродукцията О-1240. Тя е построена на базата на измерените фотоелектрични стандарти в разсеяните зве-



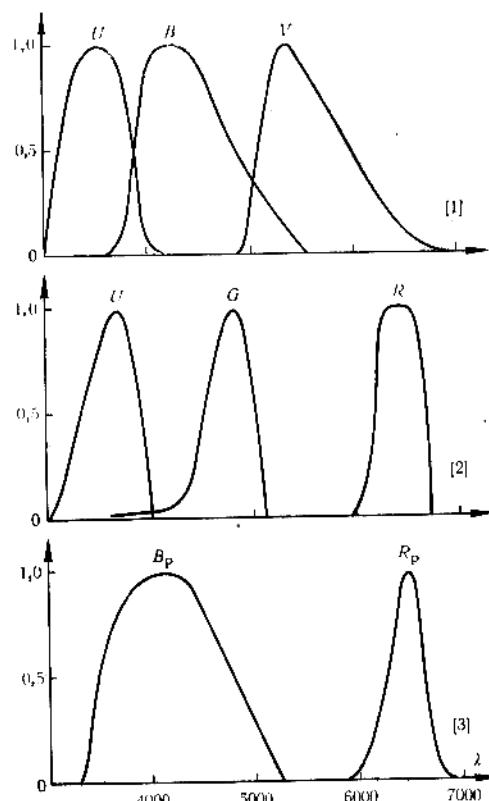
Фиг. 3

здни купове NGC 581, NGC 663 и NGC 654, съдържащи съответно по 19, 24 и 21 стандартни звезди от  $B=7''$ ,55 до  $B=16''$ ,35. Измерването на стандарта в сферичния куп M5, намиращ се на репродукция О-1402, даде възможност да бъде продължена тази крива до граничната звездна величина поради съвпадането на калибровъчните криви на двете репродукции. Заслужава да се отбележи, че стандартът в M5 се намира на границата на невинетираното поле.

На фиг. 3 са дадени калибровъчните зависимости на куповете NGC 457, M 67 и NGC 1245 в сравнение с калибровъчната крива за О-1240 и О-1402, като нагледно се илюстрира отместването на калибровъчните зависимости за различните репродукции и същевременно запазването на техния характер за  $B>10''$ ,0, където практически се използват.

Купът NGC 457 се намира във винетираното поле на О-1240 (вж. фиг. 1), което не се отразява съществено върху вида на калибровъчната му зависимост, построена по този стандарт. Аналогични са и калибровъчните зависимости за другите два купа, макар че NGC 1245 се намира на границата на винетираното поле, а M 67 — в централната част на репродукцията.

Получените резултати водят до извода, че за всяка репродукция на Паломарския атлас, на която има стандарт за известен интервал от звездни величини, може да се получи калибровъчна зависимост за целия интервал от  $10^m$  до  $21^m$  посредством основната калибровъчна крива чрез отместване на нулпункта.



Фиг. 4

Строго казано, това се отнася само за стандарти, които се намират в централната част на паломарските репродукции. За най-отдалечените ъгли, както казахме по-горе, видът на калибровъчната крива се запазва, но тя е отместена спрямо калибровъчната крива за невинетираната област. Това налага извършването на корекции при измервания в тези области. Средната корекция при този случай, която се дава, в допълнението към Паломарския атлас, е  $0^m,2$ , а получената от нас за отместяването на калибровъчната крива на стандарта в NGC 457 е  $0^m,10$ — $0^m,15$ .

Стандарти в крайните ъгли на репродукцията би следвало да се използват само при липса на други възможности, понеже това е свързано с допълнителни грешки, които се прибавят към грешките на метода.

Построяването на калибровъчните криви за червените репродукции на атласа изисква използването на стандарти, които да съответствува-

червените величини ( $R_p$ ) от системата на Паломарския атлас. Следва да се отбележат големите различия между трансформационните формули за връзката между червените звездни величини от Паломарския атлас и величините  $V$  и индекса  $B-V$  от системата  $UVB$ :

$$(1) \quad R_J = V - 0,3(B - V),$$

$$(2) \quad R_{SF} = V - 0,5(B - V),$$

$$(3) \quad R_V = V - 0,67(B - V),$$

където  $R_J$  са величините на К. Джосс [16], които Перек приема за величините  $R_p$  по Паломарския атлас [4],  $R_{SF}$  — величините на Шмидт-Калер и Фогт [7],  $R_V$  — величините на ван ден Берг [3].

Използваните от различните автори формули за получаването на червените звездни величини, които те приемат за съответстващи на величините  $R_p$ , могат да служат само при по-груби оценки.

На фиг. 4 са дадени относителните спектрални чувствителности на величините  $UVB$  от системата на Джонсон и величините  $RGU$  от системата на Бекер и  $B_p$  и  $R_p$  от фотографическата система на Паломарския атлас [17], [1]. Сравняването на горните криви показва, че може да очакваме близко еднозначно съответствие между величините  $R$  на Бекер и  $R_p$  от атласа. Това предположение се подкрепя и от факта, че в областта на  $H_\alpha$  (6563 Å) нямаме критични линии на излъчване или поглъщане, които да се отразяват съществено върху величините  $R$  на звездите от различните спектрални класове (в смисъл на нееднозначност).

Въпросът за трансформационните формули  $UVB \rightarrow RGU$  е изследван подробно от В. Страйжис [18]. Като излиза от общата зависимост

$$(4) \quad m_1 - m_2 = a - c(Cl)_0 - dCE,$$

той получава по метода на численото интегриране следната трансформационна формула:

$$(5) \quad R - V = 0,50(B - V)_0 - 0,55E_{B-V}.$$

Коефициентът пред нормалния цветен индекс съвпада добре с получения от други автори в аналогичните им изследвания [19], [20] и др. Коефициентът пред цветния ексцес се изменя незначително за различните спектрални класове.

Като използваме горната формула, ние можем да определим величините на Бекер, знаейки  $V$ ,  $(B-V)_0$  и  $E_{B-V}$ .

В [21] са дадени стойностите на  $E_{B-V}$  за всеки от 70-те купа на Вашингтонския каталог.

Получаването на нормалния цветен индекс  $B-V$  (и неговите корекции) може да стане по  $Q$ -метода, като се използва номограмата, дадена от Джонсон [22].

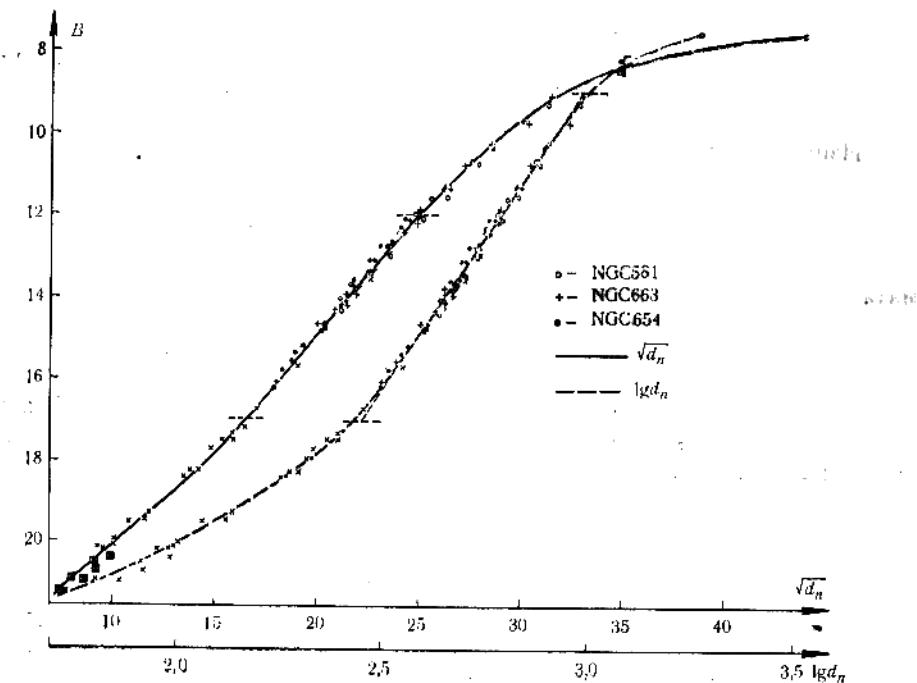
По този начин, като се използват стандарти в системата  $UVB$ , могат да се получат величините на Бекер и да се построят калибровъчните криви на  $E$ -репродукциите от Паломарския атлас.

#### 4. АНАЛИТИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА КАЛИБРОВЪЧНИТЕ ЗАВИСИМОСТИ

За аналитично представяне на калибровъчните криви бяха използвани следните зависимости:

$$(6) \quad m = a + b\sqrt{d},$$

$$(7) \quad m = a + b \lg d.$$



Фиг. 5

Въз основа на тях беше извършена преценка за точността при определянето на звездните величини, получавани по метода на диаметрите.

На фиг. 5 са дадени зависимостите на  $\sqrt{d_n}$  и  $\lg d_n$  от  $B$  ( $d_n$  е диаметърът на звездните образи, изразен в деления на микрометъра), които са изследвани по метода на най-малките квадрати. Както се вижда, праволинейната част от  $\sqrt{d}(B)$  е в интервала от  $12''$ ,0 до  $17''$ ,0, а на  $\lg d(B)$  приблизително между  $9''$ ,0 и  $17''$ ,0. В същност това са интервалите, в които тези зависимости могат да бъдат използвани за апроксимиране на калибровъчните криви. Звездните образи на ярките звезди са лошо дефинирани, което води до определянето на звездната величина с по-малка точност. За тях прилагането на метода на диаметрите не представлява особен интерес, имайки пред вид, че техните звездни величини обикновено са известни.

След пресмятането на коефициентите по метода на най-малките квадрати формулите (6) и (7) за интервала от  $12''$  до  $17''$  придобиват вида

$$(8) \quad B = -0,601\sqrt{d} + 26,90, \\ \pm,009, \quad \pm,22$$

$$(9) \quad B = -14,86 \lg d + 53,53. \\ \pm,15 \quad \pm,42$$

Средната грешка  $\theta$ , с която се получават величините  $B$  по тези формули, е съответно  $0'',137$  и  $0'',149$ .

Получените аналитични зависимости описват 97% от измерените стандартни 47 звезди в интервала  $12'',0$ — $17'',0$ . Една от звездите в споменатия интервал се отклонява от калибровъчната крива значително и затова е отхвърлена като груба грешка и не е включена в пресмятанията на средната грешка и коефициентите.

Апроксимационната зависимост  $B(\sqrt{d})$  позволява да се направи преченка за точността на получаваните от съответната калибровъчна крива  $B$ -величини и в интервала от  $17'',0$  до  $21'',0$ , в който може да се приеме, че тя е линейна (вж. фиг. 5).

От направеното изследване по метода на най-малките квадрати получаваме за зависимостта на  $B$  от  $\sqrt{d}$  в този интервал

$$(10) \quad B = -0,459\sqrt{d} + 24,66. \\ \pm,011 \quad \pm,13$$

Средната грешка  $\theta$  в този случай е  $0'',140$ .

Въз основа на апроксимацията (6) по репродукциите на Паломарския атлас на Астрономическия институт Щернберг в Москва М. Попова със същата методика и апаратура получава средна грешка  $\pm 0,134$  в интервала  $12''$ — $20''$ , като използва 50 звезди от фотометричния стандарт в M5 [14]. Изчисленията са направени със съдействието на Астрономическия съвет на Академията на науките на СССР на електронна изчислителна машина БЕСМ-4.

И така аналитичната апроксимация с корен квадратен се оказва по-подходяща за нашия случай. Звездните величини по сините репродукции на Паломарския атлас се определят в интервала  $12'',0$ — $21'',0$  със средна грешка  $0'',14$ .

Изследвана беше възможността за определяне на цветния индекс  $B-V$  въз основа на измерените диаметри на звездите по репродукциите О и Е.

Имайки пред вид формулите на В. ван Алтена, тези зависимости биха могли да се представят в следния вид:

$$(11) \quad B-V = a\sqrt{d_O} - b\sqrt{d_E} + c.$$

$$(12) \quad B-V = f(\sqrt{d_O} - \sqrt{d_E}) + g.$$

По метода на най-малките квадрати бяха получени стойностите на коефициентите и средната грешка  $B-V$ .

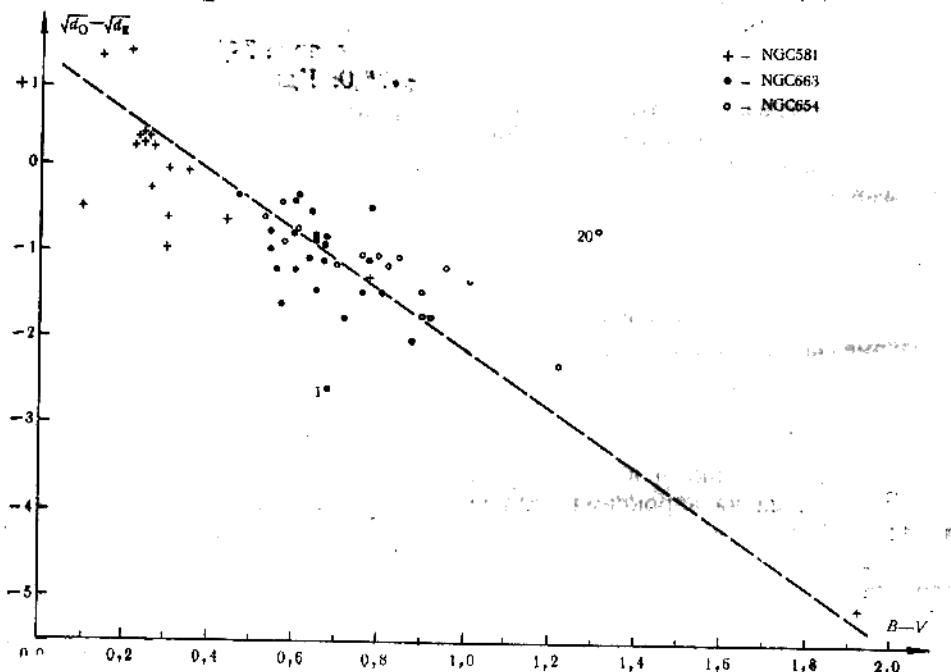
Зависимостта на индекса  $B-V$  от  $(\sqrt{d_O} - \sqrt{d_E})$  за звездите от NGC 581, NGC 663 и NGC 654 (60 звезди за интервала от  $9'',0$  до  $16'',0$ ) е дадена на фиг. 6. Линейната зависимост тук е удобно да се интерпретира с формула (12). Отклоняващите се две стандартни звезди (№ 20 в NGC 654

и № 1 в NGC 663) не са взети пред вид при пресмятането на коефициентите и определянето на средната грешка.

В конкретния случай формула (12) има вида

$$(13) \quad B-V = -0,295(\sqrt{d_0} - \sqrt{d_E}) + 0,368.$$

$$+0,022 \quad \pm 0,027$$



Фиг. 6

Средната грешка е  $0^m,15$ .

Аналогично определяне е извършено от М. Попова по 55 звезди в интервала от  $10^m$  до  $17^m$  от стандарта в M 67 [15], измерени по Паломарския атлас на ГАИШ. Изчисленията на БЕСМ-4 водят до зависимостта

$$(14) \quad B-V = -0,301(\sqrt{d_0} - \sqrt{d_E}) + 0,350$$

$$\pm 0,019 \quad \pm 0,030$$

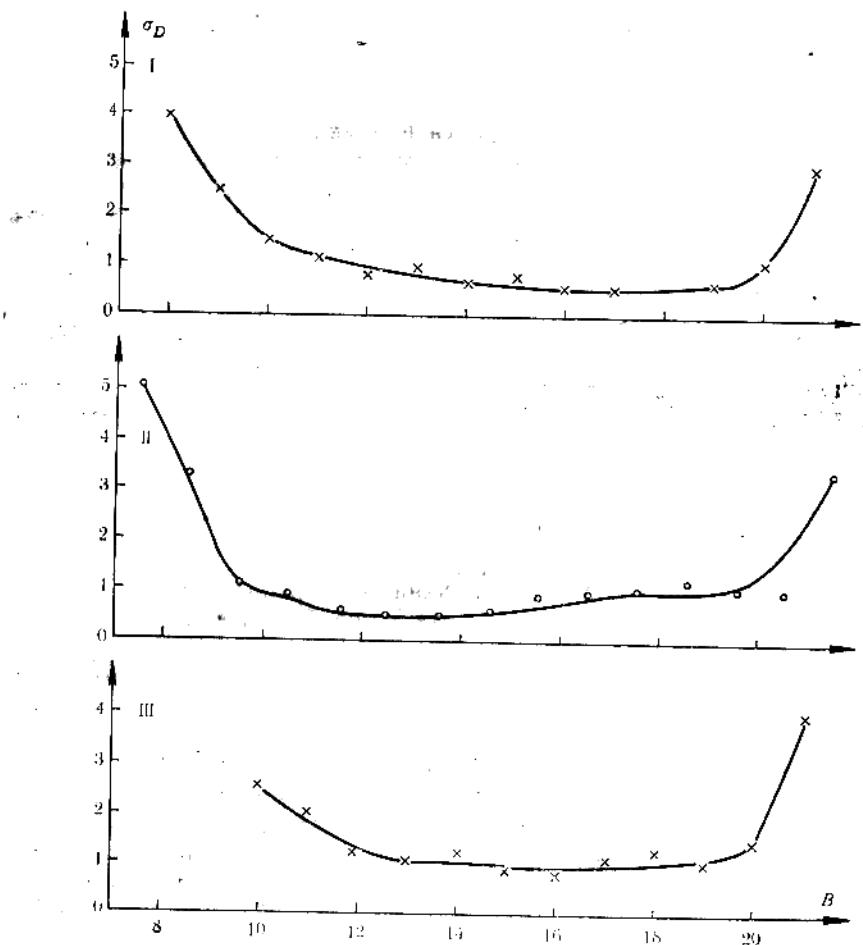
със средна грешка  $\pm 0^m,15$ .

##### 5. ОЦЕНКА ЗА ТОЧНОСТТА НА МЕТОДА

Грешките при метода на диаметрите в основата си са субективни. В частност субективните грешки зависят от големината и качеството на измерваните образи на звездата.

На фиг. 7 е дадено изчислението на средната грешка  $\sigma_D$  на диаметрите на звездите, измерени по сините репродукции на Паломарския атлас в зависимост от техните звездни величини. Зависимостите I и II са полу-

чени съответно от авторите Попова и Цветков въз основа на стандартите в NGC 581, NGC 663, NGC 654 и M 5, определящи основната калибровъчна крива, получена по репродукциите от Паломарския атлас на Секцията по астрономия (увеличение  $30\times$ ). Зависимостта III се отнася до измерванията на стандартите в M 67 и M 5 по Паломарския атлас на ГАИШ (увеличение  $15\times$ ). Практически получаваме за средната грешка почти постоянна стойност в интервала от  $12''$  до  $19''$ , в който образите на звездите са най-добре очертани.



Фиг. 7

Грешките, които получават различните автори при оценката на звездните величини по метода на диаметрите, вероятно имат най-различни източници.

Получаването на грешка около  $2'',5$  от Воронцов-Веляминов и Савелева се дължи по всяка вероятност на несъвършената методика на из-

меренията, на използването на стандарти от различни обсерватории, на определянето на звездните величини от една репродукция по калибровъчни криви, построени за стандарти, намиращи се в крайните ъгли на репродукциите, и др. Само с това можем да си обясним такава голяма грешка, имайки пред вид, че по метода на визуалното сравняване диаметрите на звездните образи по Паломарския атлас можем да определяме звездни величини с точност  $0''.5$ — $1''.0$ .

Обратно, непонятно голяма е точността, с която японските астрономи получават цветния индекс ( $0'',05$ ) [8]. Тя не е характерна за метода на диаметрите и не следва от методиката на техните измервания.

Определянето на звездните величини с помощта на средните калибровъчни криви, получени на базата на стандарти от различни репродукции, е свързана с големи грешки ( $0'',3$ — $0'',4$ ) [7] и е желателно да се избягва.

Резултатите на останалите автори са в рамките на точността, която може да ни даде методът на диаметрите, и задоволително се съгласуват с получаваната от нас точност.

Субективните грешки може да се сведат до минимум например чрез фотометриране на диапозитиви от репродукциите на атласа (т. е. по метода, използван от Байцар). Точността, с която определяме звездните величини по този метод, е  $0'',09$ — $0'',10$ .

По подобна методика от диапозитиви на репродукциите на атласа (машаб  $1:1$ ), получени по метода на контактно-вакуумното копиране, бяха извършени някои предварителни фотометрични изследвания. Измерени бяха стандартите в NGC 581, NGC 663 и NGC 654 на МФ-2, при което се потвърждават резултатите, получени от Байцар.

## ИЗВОДИ

1. Определянето на звездните величини за О-репродукциите на Паломарския атлас по метода на диаметрите може да се извърши с точност до  $0'',14$  в интервала  $12'',0$ — $21'',0$ .

2. Измерванията на диаметрите по О- и Е-репродукциите могат да се използват за приближено определяне на цветния индекс  $B-V$  в интервала  $9'',0$ — $16'',0$  със средна грешка  $0'',15$ .

3. Най-добра аналитична апроксимация на калибровъчните криви се получава посредством емпиричната класическа зависимост  $m = a\sqrt{d} + b$ .

4. Големите различия в точността при получаването на звездните величини от различни автори се дължат на недостатъчна прецизност при някои от изследванията: на използването при определяне на звездните величини на средни калибровъчни криви, построени за звездни стандарти, които се намират в крайните ъгли на репродукциите, на несъвършенство в методиката на измерванията и др.

5. Използването на диапозитиви от репродукциите на Паломарския атлас (машаб  $1:1$ ) води до намаляване на субективните грешки и повишаване на точността до  $\pm 0'',10$ , но е свързано с технически трудности и е оправдано при задачи, изискващи по-голяма точност.

Направеното фотометрично изследване от Паломарския атлас може да служи за база на редица статистически изследвания.

Получената точност при определянето на звездните величини по метода на диаметрите е напълно задоволителна при изследване на структурата на звездните купове, техните корони, функцията на светимост и др.

Наред с това методът на диаметрите с успех може да бъде използван при предварителното определяне на звездните величини по репродукциите на Паломарския атлас на сравнително малко изучени и новооткрити обекти: квазари, пулсари, Х-източници и др.

Считаме за приятно задължение да изразим своята дълбока благодарност на проф. А. Г. Масевич за предоставената възможност от Астрономическия съвет за ползване на електронната изчислителна машина БЕСМ-4, на В. С. Аведисова за извършените изчисления на машината и на проф. Б. В. Кукаркин за предоставените за ползване репродукции на Паломарския атлас.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. National Geographic Society and Palomar Observatory Sky Survey, 1960.
2. Попова, М. Изв. на Секция астрономия, 5. БАН, 1972.
3. van den Bergh, S. A. J., **62** (1957), 100.
4. Perek, L. BAC, **9** (1958), 30.
5. Воронцов-Вельяминов, Б. А. и М. В. Савельева. АЖ, **37** (1961), 185.
6. Peckny, Z. BAC, **9** (1958), 164.
7. Schmidt-Kaler, Th. und Th. Vogt. Mitt. Astron. Ges., No. 25, 1968, 179.
8. Takahaski, O. H. and M. Hiruhata, Publ. Astron. Soc. Japan, **13** (1961), 404.
9. von Dorschner, J. und J. Gürtler. AN, **228** (1963), 23.
10. Vajzar, R. BAC, **11** (1960), 204.
11. Брейдо, И. И. АЖ, **35** (1958), 634.
12. van Altena, W. F., AJ, **71** (1966), No 6, 495.
13. Hoag, A. A., H. L. Johnson, B. Iriarte, R. I. Mitchell, K. L. Hallam and S. Sharpless Publ. U. S. Naval Obs., 2nd Series, XVII, 1961, 349.
14. Agr, H. AJ, **135** (1962), 317.
15. Johnson, H. L. and A. K. Sandage. ApJ, **121** (1955), 616.
16. Joss, K. M. AJ, **60** (1955), 33, 8.
17. Landolt-Börnstein. Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. Gruppe VI. Neue Serie, Band I. Springer-Verlag, 1965. 338, 347.
18. Стражис, В. АЖ, **41** (1964), 979.
19. Ozsvath, I. Astr. Abhandl. Hamburger Sternw., **5** (1960), No. 6, 129.
20. Hardorp, J. Astr. Abhandl. Hamburger Sternw., **5** (1960), No. 7, 215.
21. Johnson, H. L., A. A. Hoag, B. Iriarte, R. I. Mitchell and K. L. Hallam. Lovell Obs. Bull., No. 113, 1965, 133.
22. Johnson, H. L., Lovell Obs. Bull., No. 90, 1965, 37.

Постъпила на 25. VI. 1971 г.

Приложение I

№	NGC	№ от ПА	$\alpha$	$\delta$	№	NGC	№ от ПА	$\alpha$	$\delta$
1	129	1233	+147,5	-31	36	6581	1106	-147,5	-55
		596	-150	-30			175	+187	+181
2	225	596	-59	+54	37	6611	503	+146	-97,5
3	457	1240	-127	-130			296	-175	-100
4	581	1240	-29,5	-2	38	6694	296	+174	+133
5	654	1240	+40	+62			308	-147,5	+130,5
6	663	1240	+54	+27	39	6709	544	-43	-98
7	744	1245	-39	+41	40	6755	264	+168	-106
8	957	597	+77	-168			202	-152	-109
		1617	-65	+155	41	6802	793	+155,5	+107
9	1027	597	+130	+48			190	-149	+105
		968	-161	+52	42	6823	185	+86	-55
10	1245	845	+133	-71	43	6830	289	-138	-71
11	1342	1333	+69	+45	44	6834	771	-112	-53
12	1444	1236	-78	-95	45	6866	1145	-11	+85
13	1502	957	+98	+101	46	6871	200	-30	-34
14	1528	1236	+132	-170	47	6882/5	289	+115	+114
		1253	+58	+153	48	6910	754	-120	-92
15	1545	1253	+107	+100	49	6913	200	+155,5	+113
16	1647	1501	+172,5	+42	50	6940	332	+77	-117
		1481	-132	+45	51	7031	533	+39	+121,5
17	1662	1543	-100	-71	52	7062	589	-128	-121,5
18	1664	644	+106	+75	53	7063	269	-103	-8
19	1778	1315	-105	+46,5	54	7067	589	-117	-34
20	1893	1315	+55	--148	55	7086	1496	-51	-164,5
		1455	+16	+174			589	-58	+157
21	1907	1315	+112	+45	56	7128	1496	+57	-51
22	1912	1315	+118	-17	57	7142	1165	+14	-46,5
23	2099	1459	+57	+134	58	7160	594	-69	+101,5
24	2129	416	+175	-40	59	7209	599	-60	-119
		1278	-144	-37	60	7235	588	-20,5	+138
25	2168	1278	-49	+20	61	7261	594	+107	-141
26	2169	1502	+3,5	+106	62	7380	874	-19	-143
27	2251	923	+38	+132	63	7510	874	+144	-11
28	2287	1343	-92	-138			1173	-152	-12,5
29	2301	1346	-50	+35	64	7654	1173	-68	+42
30	2323	1653	+106	-115	65	7686	1162	+83	+18
31	2324	1346	+130	+67	66	IC. 1805	597	+65	+42
32	2353	895	-55	+52	67	IC. 1848	968	-107	-7
33	2422	1521	-79,5	-116	68	IC. 4996	200	+77	+65
34	6475	—	—	—	69	Tr. 2	1617	-37,5	+71,5
35	6494	159	+157	-52	70	Tr. 35	300	+177	+85
							1085	-170	+82

Приложение II

№	№ от ПА	$\alpha_{1950}$	$\delta_{1950}$	NGC
1	1165	21 42 <sup>m</sup> ,1	+66°21'	7142
2	1233	00 04 ,9	+60 32	129
3	596	00 49 ,6	+60 31	129; 225;
4	1240	01 34 ,4	+60 29	457; 581; 654; 663
5	597	02 19 ,0	+60 26	957; 1027; IC. 1805
6	968	03 03 ,5	+60 22	1027; IC. 1848

Продължение на приложение II

№	№ от ПА	"1950	$\delta$ 1950	NGC
7	957	03 47 ,9	+60 18	1502
8	594	22 03 ,0	+60 28	7160; 7261
9	874	22 47 ,7	+60 30	7380; 7510
10	1173	23 32 ,4	+60 32	7510; 7654
11	1245	02 00 ,3	+54 28	744
12	1617*	02 38 ,7	+54 25	957; Тг 2
13	1236	03 55 ,3	+54 17	1444; 1528
14	1496*	21 35 ,1	+54 26	7086; 7128
15	588	22 13 ,5	+54 28	7209
16	845	02 56 ,5	+48 22	1245
17	1253	04 04 ,9	+48 16	1528; 1545
18	533	21 01 ,2	+48 22	7031
19	589	21 35 ,5	+48 26	7062; 7067; 7086
20	599	22 09 ,8	+48 28	7209
21	1162	23 18 ,4	+48 31	7686
22	644	14 36 ,6	+42 13	1664
23	1145	20 03 ,2	+42 16	6866
24	754	20 33 ,3	+42 20	6910
25	1333	03 22 ,0	+36 20	1342
26	1315	05 14 ,4	+36 07	1778; 1893; 1907; 1912
27	200	20 07 ,5	+36 16	6871; 6913; IC 4996
28	288	20 35 ,6	+36 20	6913
29	269	21 31 ,9	+36 26	7063
30	1455	05 18 ,0	+30 06	1893
31	1459	05 44 ,1	+30 02	2099
32	771	19 59 ,8	+30 16	6834
33	332	20 25 ,9	+30 19	6940
34	416	05 43 ,8	+24 03	2129
35	1278	06 09 ,8	+23 59	2129; 2168
36	185	19 34 ,0	+24 13	6823
37	289	20 00 ,1	+24 16	6830; 6882/5
38	1501*	04 29 ,5	+18 12	1647
39	1481	04 53 ,5	+18 09	1647
40	793	19 16 ,2	+18 10	6802
41	190	19 40 ,2	+18 13	6802
42	1534*	04 53 ,3	+12 10	1662
43	1502	06 05 ,3	+11 13	2169
44	544	18 52 ,4	+12 07	6709
45	923	06 29 ,1	+05 56	2251
46	264	18 52 ,7	+06 07	6755
47	202	19 16 ,7	+06 10	6755
48	1346*	06 52 ,9	-00 07	2301; 2324
49	1653	06 52 ,6	-06 07	2324
50	300	18 29 ,1	-05 56	Tr 35
51	1085	18 53 ,1	-05 53	Tr 35
52	895*	07 16 ,4	-11 11	2353
53	1619*	07 16 ,4	-12 11	2353
54	1521*	07 40 ,4	-12 13	2422
55	503	13 05 ,3	-11 59	6611
56	296	18 29 ,4	-11 56	6611; 6694
57	308	18 53 ,3	-11 53	6694
58	1343*	06 52 ,2	-18 07	2287
59	159	17 41 ,6	-18 03	6494
60	1106	18 05 ,6	-17 59	6494
61	175	17 50 ,6	-24 01	6531

# О ФОТОМЕТРИРОВАНИИ ЗВЕЗД ПО ПАЛОМАРСКОМУ АТЛАСУ

*M. Попова и М. Цветков*

(Резюме)

Обсуждаются возможности и методика фотометрирования по репродукциям Паломарского атласа (ПА) и значительные расхождения в точности, получаемой различными авторами.

Исследуются калибровочные кривые, полученные по стандартам, расположенным на различных расстояниях от центра репродукций, причем используются данные приложений I и II и рис. 1 для распределения стандартов по Вашингтонскому каталогу репродукций ПА. Сравниваются результаты, полученные по ПА в Секции астрономии в Софии и по нему же Астрономическим институтом им. Штернберга в Москве. Стандартная калибровочная кривая аппроксимируется аналитически с формулой  $m = a\sqrt{d} + b$ . Выходит, что по измерению диаметров образов звезд на О-репродукции можно определить величины звезд в интервале от 12 до 21<sup>m</sup> со средней ошибкой  $\pm 0^m.14$ . Оценки цветного индекса по диаметрам звездных образов на О- и Е-репродукциях ПА получаются в интервале от 9<sup>m</sup> до 15<sup>m</sup> со средней ошибкой  $\pm 0^m.15$ .

Это исследование находится в связи с предпринятыми фотометрическими и статистическими исследованиями скоплений звезд на основе репродукций ПА.

## ON THE STELLAR PHOTOMETRY IN THE PALOMAR OBSERVATORY SKY SURVEY

*M. Popova and M. Tsvetkov*

(Summary)

The possibilities and method for photometry on the Palomar Sky Survey prints and considerable differences in the accuracy of various workers are discussed.

The calibration curves, obtained by standards, located at different distances from the centre of the prints, are studied. Data from appendices I and II and Fig. 1 for the distribution of the standards from the Catalogue of Hoag et al. [13] on the prints of the Palomar Sky Survey have been used. The results obtained from the Palomar Sky Survey at the Astronomical Section (Sofia) and at the Sternber Astronomical Institute (Moscow) are compared. The standard calibration curve may be approximated by the formula  $m = a\sqrt{d} + b$ . It is found that by diameter measurements on the O-prints, the stellar magnitudes may be determined in the range from 12<sup>m</sup> to 21<sup>m</sup> with a mean error of  $\pm 0^m.14$ . The values of colour indices by the diameter measurements on the O- and E-prints are obtained from the 9<sup>m</sup> to 15<sup>m</sup> range with a mean error of  $\pm 0^m.15$ .

This study has been conducted in relation to the photometric and statistical investigations of star clusters, based on the prints of the Palomar Sky Survey.