

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукаркин Б. В., Паренаго П. П., Ефремов Ю. И., Холопов П. Н. Общий каталог переменных звезд. Москва, 1958.
2. Munch G., Terrazas L. R. The spectrum of cluster-type cepheids. *Aph. J.*, 1946, **103**, 371 — 374.
3. Iwanowska W. A spektrophotometric study of RR Lyrae type variables. *Torun Bull.*, 1953, **11**.
4. Алания И. Ф. Исследование избирательного поглощения света в Галактике по цветовым избыткам короткопериодических Цефеид. *Бюлл. Абаст. астрофиз. обс.*, 1958, **23**, 3 — 66.
5. Morgan W. W., Keenan P. C., Kellman E. An atlas of stellar spectra. *Astrophys. Monographs*, Chicago Univ. Press, 1943.
6. Брейдо И. И. Отклонения от закона взаимозаместимости при длительных выдержках у современных фотографических материалов, применяемых в астрономии и спектроскопии. *Ж. научн. и прикл. фотогр. и кинематографии*, 1959, **4**, 144 — 148.
7. Mendoza V. E. A spectroscopic study of the Pleiades. *Aph. J.*, 1956, **123**, 54 — 58.
8. Fehrenbach Ch. La mesure des vitesses radiales au prisme objectif. *J. d'Obs.*, 1956, **39**, 53 — 66.
9. Joy H. Spectra of the brighter variables in globular clusters, *Aph. J.*, 1949, **110**, 105 — 116.
10. Паренаго П. П. Исследование различных зависимостей у Цефеид. *Пер. Зв.*, 1954, **10**, 193 — 235.

О ДВУХМЕРНОЙ СПЕКТРАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗВЕЗД С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРЕДОБЪЕКТИВНОЙ ПРИЗМЫ

Е. К. ХАРАДЗЕ, Р. А. БАРТАЯ

Крупный менисковый телескоп с большой предобъективной призмой, недавно установленный в Абастуманской астрофизической обсерватории, предоставил нам возможность приступить к обширным спектральным обзорениям относительно слабых звезд. Такие обзорения создают основу для исследования космического поглощения света, пространственного распределения звезд и связи последних с галактическими объектами, представляющими интерес для задач космогонии и строения Галактики.

В частности, весьма важно иметь обзорения спектров в участках неба, занятых полями газовых диффузных туманностей. Столь же важно получение подробных данных спектральной классификации в звездных полях, окружающих рассеянные звездные скопления, являющиеся во многих случаях ядрами звездных ассоциаций. Большой интерес может представить спектрофотометрия звезд, принадлежащих ассоциациям и полям эмиссионных туманностей, с целью выявления физических особенностей и вероятных отличий этих звезд от «обычных». Наконец, спектральная классификация может охватить области, исследуемые по так называемому Комплексному плану изучения Млечного Пути (план П. П. Паренаго).

Выполнение спектральных обзорений по столь большой программе требует весьма тщательной разработки критериев и создания однородной системы спектральной классификации звезд. При этом исключительно важно вести не обычную, а двухмерную классификацию.

Основное содержание настоящей статьи составляют обоснование и описание критериев классификации звезд по спектрам, получаемым с 72-см предобъективной призмой, установленной перед 70-см менисковым телескопом, а также и сравнения с другими системами и суждения о точности.

Хорошее качество изображений звезд в пределах поля диаметром $4^{\circ}50'$, относительно крупный масштаб, определяемый длиной примарного фокуса в 210 см, большая апертура призмы при угле преломления $8^{\circ}12'$ и дисперсии в фокусе телескопа в 165 Å/мм около $H\gamma$ позволяют вести работы по массовой классификации звезд до 12,5 зв. величины, если используются достаточно чувствительные фотопластины, если используются достаточно чувствительные фотопластины. Хорошая прозрачность предобъективной призмы, изготовленной из легкого флинта, и увиолевые мениск и полеспрямляющая линза делают возможными исследования спектра до $\lambda 3500 \text{ Å}$. При этом решающая способность такова, что в серии Бальмера различимы от-

дельные линии H_{15} и H_{16} . (Подробное описание телескопа и призм см. в работе Р. И. Киладзе [2]).

О спектральной классификации

При выборе и разработке критериев для спектральной классификации мы руководствовались стремлением максимально использовать возможности спектров, которыми располагаем, и достичь создания устойчивой и однородной системы. Эти возможности обусловлены свойствами оптики телескопа и предобъективной призмы, вкратце охарактеризованными выше.

Основой при подборе критериев послужили нам каталог HD и атлас Моргана и других [3]. Естественно, что нам пришлось дорабатывать выбранные критерии соответственно характеристикам наших спектров. Такая доработка производилась несколько раз, при критическом просмотре предварительно выполненной классификации и повторных проверках и уточнениях. Было затрачено немало усилий и времени прежде, чем мы могли признать сформулированные критерии достаточно удовлетворительными. Естественно и то, что критерии формулировались для наилучших по изображению спектрограмм, нормально экспонированных при этом. Кто имел дело со спектральной классификацией по спектрам, полученным с предобъективной призмой, хорошо знает, что критерии классификации весьма чувствительны к плотности негатива и к общему виду и качеству спектрограммы. Практически, сформулированные для «нормальной» спектрограммы критерии приходится варьировать в зависимости от качеств данной спектрограммы, соответственно усиливая или ослабляя те требования, которые обуславливают отнесение звезды к тому или иному подклассу.

Ниже мы излагаем критерии спектральной классификации в том виде, как они сформулированы нами применительно к нашей аппаратуре и «нормальным» спектрам.

05—09. Водородные линии узки и весьма слабы. Чем более ранняя звезда, тем труднее эти линии различимы. Фиолетовый конец весьма интенсивен и потому спектр удлиняется в эту сторону. Линия HeI - $HeII$ $\lambda 4026$ видима отчетливо. Линии HeI $\lambda 4471$ и $HeII$ $\lambda\lambda 4200, 4541, 4686$ слабо заметны. Зачастую явно виден след линии $CaII$ K , имеющей межзвездное происхождение.

Чем интенсивнее линии водорода и HeI , а линии $HeII$ видны слабо или вовсе не заметны, тем позднее звезда класса O .

$B0$. Водородные линии узки и мало интенсивны. Фиолетовый участок интенсивен. Линии HeI $\lambda 4026$ и $\lambda 4471$ хорошо заметны.

$B2$. Водородные линии узки, но интенсивны по сравнению с $B0$. Кроме линий $\lambda\lambda 4026$ и 4471 относительно хорошо видима также линия HeI $\lambda 4009$.

$B3$. Водородные линии еще более интенсивны. Линия $\lambda 4026$ хорошо видна, а другие линии HeI едва заметны.

$B5$. Водородные линии интенсивны. Из линий HeI всегда заметна $\lambda 4026$, а иногда также и $\lambda 4471$.

Примечание. Для интервала $B0-B5$ в коротковолновом участке рядом с $H\gamma$ хорошо видна линия HeI $\lambda 3820$, которая для подкласса $B2$ достигает максимума вместе с другими линиями HeI .

Для подкласса $B5$ эта линия едва ли заметна, но для $B3$ всегда хорошо видна. В тех случаях, когда по каким-либо причинам, особенно, при несколько передержанной спектрограмме, линия $\lambda 4026$ плохо видна, возможно отличить $B3$ от $B5$ судя по $\lambda 3820$. Вообще же $\lambda 3820$ достаточно интенсивна и является хорошим критерием для отделения звезд $B0-B5$ как от звезд класса O , так и от более поздних, в которых она не видна.

$B8$. Водородные линии достаточно интенсивны. Линии HeI , а также линия $CaII$ K не заметны.

$B9$. Водородные линии весьма интенсивны. Линия K едва заметна.

$A0$. Интенсивность водородных линий максимальна. Линия K видна отчетливо.

Примечание. В промежутке $A0-F0$ спектральный подкласс звезды тем позднее, чем слабее водородные линии, и чем более сравнима интенсивность K с интенсивностью $H+H\epsilon$. При этом мы различаем подклассы $A1, A2, A3, A4, A5, A7, A8$.

$F0$. Водородные линии узки и менее интенсивны чем линии K и $H+H\epsilon$. Линия K слегка менее интенсивна чем $H+H\epsilon$.

$F2$. Линия K почти столь же интенсивна как и $H+H\epsilon$. Водородные линии узки, но все же достаточно интенсивны. Едва заметна полоса G .

$F5, F6$. Водородные линии все еще хорошо видны. Полоса G заметна отчетливо.

$F8$. Водородные линии более интенсивны чем полоса G . Последняя хорошо видна.

Класс G . Пока еще мало выделяются металлические линии поглощения. Полоса G хорошо видна и чем интенсивнее она, тем позднее звезда.

$G0$. Водородные линии имеют почти такую же интенсивность как и полоса G . Между полосой G и линией $H\gamma$ едва заметна $\lambda 4325$, которая менее интенсивна чем $H\gamma$.

$G2$. Линия $\lambda 4325$ становится интенсивной, но пока еще остается слабее $H\gamma$.

$G5$. Линия $\lambda 4325$ слегка менее интенсивна, чем $H\gamma$. Линия CaI $\lambda 4227$ едва ли заметна.

$G8$. Интенсивности $\lambda 4325$ и $H\gamma$ равны. $\lambda 4227$ видна отчетливо. Отчетливо видны также полоса MnI $\lambda 4030-4$ и линия FeI $\lambda 4045$, равные по интенсивности.

Класс K . Чем позднее подкласс, тем чаще линии поглощения и тем менее интенсивен коротковолновый участок спектра. Полоса G видна хорошо. Хорошо видна также полоса $\lambda 4030-4$ и линия $\lambda 4045$, равные по интенсивности. Непрерывный спектр между $H\alpha$ и $SrII$ $\lambda 4077$ выделяется интенсивностью.

$K0$. Линия $\lambda 4227$ видна хорошо, но менее интенсивна, чем полоса G .

$K2$. $\lambda 4227$ достаточно выделяется в спектре и по интенсивности почти равна полосе G . Между $\lambda 4227$ и полосой G хорошо видна

линия $\lambda 4272$, которая в последующих подклассах всегда выделяется, хотя и уступает линии $\lambda 4227$.

K_3 . $\lambda 4227$ слегка интенсивнее полосы G . Длинноволновой участок (между $H\gamma$ и $H\beta$) испещрен спектральными линиями больше, чем в K_2 .

K_5 . $\lambda 4227$ явно превосходит по интенсивности полосу G .

K_7 . $\lambda 4227$ очень выделяется в спектре и намного интенсивнее полосы G .

Примечание. Надо заметить, что и для класса K рядом с полосой G всегда выделяются линии $\lambda 4325$ и $H\gamma$. Но отношение их интенсивностей сильно меняется в зависимости от абсолютной величины, особенно для K . По этой причине мы пренебрегаем ими.

Класс M . Линия $\lambda 4227$ максимально интенсивна. Полоса G разделена и даже не выделяется. Непрерывный спектр ослаблен полосами поглощения. Чем позднее подкласс, тем ярнее проявляют себя эти характеристики. Здесь мы различаем подклассы: M_0 , M_2 , M_3 , M^+ , M_8 .

В случае класса M мы не подчеркиваем различий критериев для отдельных подклассов, т. к. для этого класса в особенности, общий вид спектра имеет большое значение. Пользуясь, однако, сформулированным выше общим критерием и имея под рукой атлас Моргана и др., мы свободно классифицировали эти звезды.

Классификация звезд типа Вольф—Райе и, вообще, эмиссионных звезд производилась нами с помощью атласа Моргана и др. авторов.

О двухмерной классификации

Общепризнано, что при современном состоянии наших знаний одномерная спектральная классификация не является более, с точки зрения многих задач, достаточно удовлетворительной. В связи с этим ощущается потребность и имеется стремление распространить двухмерную классификацию по системе МК [4] на возможно слабые звезды и вести такую классификацию в массовом порядке. Однако, это является нелегким делом, т. к. эффект абсолютной величины в спектре, как известно, не велик. Выявление этого столь тонкого эффекта требует относительно большую дисперсию и высокого качества спектров, что трудно добывается предобъективными призмами. Тем не менее именно предобъективные призмы используются ныне для подобных работ [5]. Но, если они используются при этом не очень часто, то это лишний раз свидетельствует о сложности работы. Надо отметить двухмерную классификацию звезд $O_5 - F_2$, выполненную И. М. Копыловым по щелевым спектрограммам [15].

Рассчитывая на свойства нашей аппаратуры, мы решили разработать критерии абсолютной величины и постепенно внедрять в практику нашей обсерватории двухмерную классификацию.

Для того, чтобы выбрать и доработать критерии абсолютных величин применительно к нашим условиям, мы специально сфотографировали спектры 30 звезд, включенных в Атлас Моргана и др., и имеющих различные спектральные классы и абсолютные величины (см. нижеследующую таблицу).

Все эти звезды являются яркими и для того, чтобы характеристики спектрограмм, обусловленные экспозицией, приблизить к тем, которые присущи спектрограммам звезд, подлежащих классификации по абсолютным величинам, мы прибегали к диафрагмированию призмы при

Номер негатива	Звезда	Спектр	Номер негатива	Звезда	Спектр
1230	ξ Cyg	$K_5 I$	1235	γ Cyg	$F_8 Ib$
	β UMi	$K_5 III$		λ Dra	$F_6 V$
1231	61 Cyg A	$K_5 V$	1248	ξ Cyg	$K_5 I$
	9 Peg	$G_5 I$		π Her	$K_3 II$
	γ Her	$G_5 III$		ν Dra	$K_5 III$
1232	μ Cas	$C_5 V$		β UMi	$K_5 III$
	γ Cep	$A_2 Ia$		61 Cyg A	$K_5 V$
	δ Her	$A_3 IV$	1250	τ Her	$B_5 IV$
	μ Cep	$M_2 Ia$	1252	τ Her	$B_5 IV$
	δ Lac	Moll		67 Oph	$B_5 I-II$
1233	γ Cyg	$B_9 Ia$	1253	λ Cep	O_5
	γ Lyr	$B_9 III$		10 Lac	$O_9 V$
	α Peg	$B_9 V$		h Cas	$B_0.5 I$
1234	9 Cep	$B_2 I$		ξ Cep	$K_1 Ib$
	12 Lac	$B_2 III$			
	γ UMa	$B_3 V$			

фотографировании стандартных звезд. Этим способом мы стремились приблизить выдержки для стандартных звезд к обычным продолжительностям выдержек для слабых звезд. Во избежание возможного появления ошибок, связанных с использованием существенно разных частей оптики, мы пользовались специальными диафрагмами с равномерно распределенными отверстиями. Но при этом могла возникать ошибка, обусловленная различием в плотностях фона на негативах стандартной звезды и исследуемой области. Для того, чтобы свести к минимуму и эту ошибку, мы фотографировали несколько стандартных звезд последовательно на одной и той же фотопластинке. Различие в выдержках для каждой стандартной звезды и звезд исследуемой области все же оставалось заметным: оно выражалось отношением 1:4 (т. е., соответствующие выдержки были в среднем 10 и 40 минут). Следовательно, практически, при разработке критериев классификации приходилось как то учитывать и это остаточное различие в изображениях спектров.

Мы расширяли спектры во всех случаях в одной и той же мере, т. е., до 0,20—0,25 мм.

По известным причинам подбор критериев абсолютных величин в интервале $B_5 - G_0$ весьма затруднен. Также и для нас оказалось невозможным выявить и сформулировать вполне надежные критерии для этого интервала. В согласии с указаниями Нассау и Ван Альбада [5], рассмотрение наших спектров для звезд класса F показало, что эффект абсолютной величины более явно проявляет себя в фиолетовом участке, нежели в фотографическом. К сожалению, по понятным причинам, на одном и том же негативе невозможно получить с одинаково нормальным почернением как фиолетовый, так и фотографический участок. Поэтому в целях классификации по абсолютным величинам не приходится пользоваться одними и теми же негативами для звезд всех спектральных типов. На получение особого фотографического материала специально для классификации звезд типа F мы смотрим как на дополнительную задачу. На данном же материале в интервале $B_5 - G_0$ можно считать надежным выделение сверхгигантов. Впрочем, это решает в незначительной степени и вопрос о классификации в интервале $B_5 - F_0$, ибо, если выделены сверхгиганты, то остальные звезды можно считать относящимися к главной последовательности и они не будут обнаруживать большой дисперсии в абсолютных величинах.

Критерии абсолютных величин также, как и критерии спектральных классов выработаны по спектрограммам наилучшего качества. В данном случае степень почернения и общее качество спектрограммы имеют, пожалуй, еще большее значение. Мы считались с этим последним обстоятельством, старались вести классификацию весьма тщательно, но, а в сомнительных случаях вовсе отказывались на деление по светимости, довольствуясь одним лишь отнесением звезд к спектральным подклассам. Это несколько обедняет начатый составлением наш каталог в отношении данных об абсолютных величинах, но зато то, что представлено, мы вправе считать вполне надежным. При этом, практическим пределом проникновения при наших определениях абсолютных величин является 11^m .

Ниже мы формулируем критерии абсолютных величин.

BO — B5.

I. Водородные линии узки и слабы (для звезд *BO*, к примеру, зачастую они едва заметны). Линия *HeI* λ 4026 почти сравнима по интенсивности с водородными линиями. Часто бывает заметна линия *CaII K*, имеющая, разумеется, межзвездное происхождение.

BO. По обе стороны от *H β* заметны *Si IV* λ 4089 и полоса *Si IV — HeI* λ 4116-21.

B1. Линия *H γ* выглядит расширенной за счет *OIII* λ 4349.

B2. Хорошо видна линия *NII* λ 3995, почти равная по интенсивности линии λ 4026.

BO — B2. Всегда различима линия *CIII* λ 4650, почти равная по интенсивности линии λ 4471.

B3. Линия λ 4026 здесь больше приближается по интенсивности к водородным линиям, чем в подклассе *B5*.

III. Водородные линии довольно интенсивны. Линии *HeI* видны относительно слабо..

V. Водородные линии весьма интенсивны (особенно для звезд *B3*, *B5*). Линии *HeI* также довольно интенсивны и всегда видны линии λ 4026 и λ 4471 (а для звезд *B2* также и линия λ 4009). Линии же λ 4144 и λ 4387 видны слабо. В спектре звезд *B5* обычно всегда видна только линия λ 4026.

B8 — F8.

Выделяются только сверхгиганты характерными для них спектрами соответствующих классов.

G0 — G5.

I. Полосы *CN* (с центрами $\lambda\lambda$ 4200, 4176, 4155) отчетливо видны и, чем позднее подкласс, тем сравнимее они по интенсивности с полосой *G*. Спектральные линии относительно интенсивны и резки и непрерывный спектр выглядит интенсивным на их фоне. Особенно выделяется участок $\lambda\lambda$ 4215 — 4227, т. к. здесь контраст наибольший (интенсивность линии λ 4215 меняется в зависимости от абсолютной величины аналогично циановым полосам).

III. Заметны полосы *CN*. Непрерывный спектр относительно интенсив.

V. Полосы *CN* вовсе не заметны. Непрерывный спектр не выделяется по интенсивности. Непрерывный спектр в участке циановых полос такой же интенсивности, как и в участке λ 4227 — *G*.

Хотя мы не формулируем самостоятельные критерии для классов II и IV, тем не менее в нашей классификации мы пользуемся этими классами, относя к ним звезды, спектры которых промежуточны между I, III и III, V, соответственно.

G8 — K7.

I. Полосы *CN* почти столь же интенсивны, как и полоса *G*. Спектральные линии резки и на их фоне непрерывный спектр весьма интенсив. Особенно выделяется участок $\lambda\lambda$ 4215 — 4227. (Здесь контраст весьма велик). λ 4325 и *H γ* одинаковой интенсивности. λ 4227 сравнительно узка и мало интенсивна.

II. Полосы *CN* слегка менее интенсивны, чем полоса *G*. Непрерывный спектр интенсивен вообще и, в особенности, в интервале $\lambda\lambda$ 4215 — 4227.

III. Полосы *CN* явно менее интенсивны, чем полоса *G*. Непрерывный спектр, особенно, в интервале $\lambda\lambda$ 4215 — 4227, выделяется интенсивностью. λ 4325 явно интенсивнее линии *H γ* .

IV. Полосы *CN* весьма ослаблены по сравнению с полосой *G*. Непрерывный спектр $\lambda\lambda$ 4215 — 4227 пока все еще выделяется по интенсивности.

V. Полосы *CN* почти не заметны (λ 4200 видна относительно хорошо, особенно в случае звезд *K5*, *K7*). Непрерывный спектр вовсе не выделяется по интенсивности; это касается даже участка $\lambda\lambda$ 4215 — 4227. λ 4325 видна очень хорошо, а *H γ* слаба и не всегда заметна (особенно для класса *K*). Для подклассов *K5*, *K7* длинноволновой участок вблизи λ 4400 испещрен линиями поглощения, которые возможно не всегда одинаково хорошо выделяются, но зато непрерывный спектр в этом участке весьма ослаблен. Линия λ 4227 широка и заметно интенсивна по сравнению с классом I.

M.

I. Линия λ 4227 узка и не столь интенсивна по сравнению с полосой *G*; (последняя делится и даже не выделяется в классе *M*). Циановые полосы интенсивны. Длинноволновой участок вблизи λ 4400 сильно испещрен спектральными линиями.

III. λ 4227 весьма интенсивна по сравнению с полосой *G*.

V. λ 4227 максимально интенсивна. Линии поглощения не заметны. Непрерывный спектр весьма ослаблен полосами поглощения.

Характеристика Абастуманской системы спектральной классификации

Сравнительная характеристика и анализ нашей спектральной классификации звезд, изложенные ниже, основаны на данных первой части подготовленного нами для печати каталога¹. В ней содержатся 2400 звезд, относящиеся к участкам Млечного пути, перечисленным в следующей табличке.

Окончательные результаты основаны, по крайней мере, на 2—3 негативах для каждого участка. Точность спектральных классов один подкласс, абсолютных величин — до одного класса светимости.

¹ По техническим причинам Каталог будет напечатан лишь в следующем выпуске Бюллетеня.

Участок	Координаты центра (1950)		Число Звезд	№ № негативов
I	18 ^h 15 ^m	-11° 59'	357	184, 441, 444
II	20 22	+38 17	1268	445, 476, 484
III	1 32	+60 43	775	90, 458, 486

На рис. 1 и 2 представлено сравнение наших данных с данными каталогов *HD* и *HDE*, соответственно. (Кружки пропорциональны числам звезд). Если принять во внимание, что в некоторых интервалах спектральной последовательности (в частности, *B5* — *B8*, *A5* — *F0*, *G5* — *K0*, *K5* — *M0*) каталог *HD*, а частично и каталог *HDE*, не содержат подклассов, а также иметь в виду и те возможные погрешности, которые могут характеризовать вообще классификации, выполняемые с предобъективными призмами, а в частности и классификации *HD* и *HDE* [6]

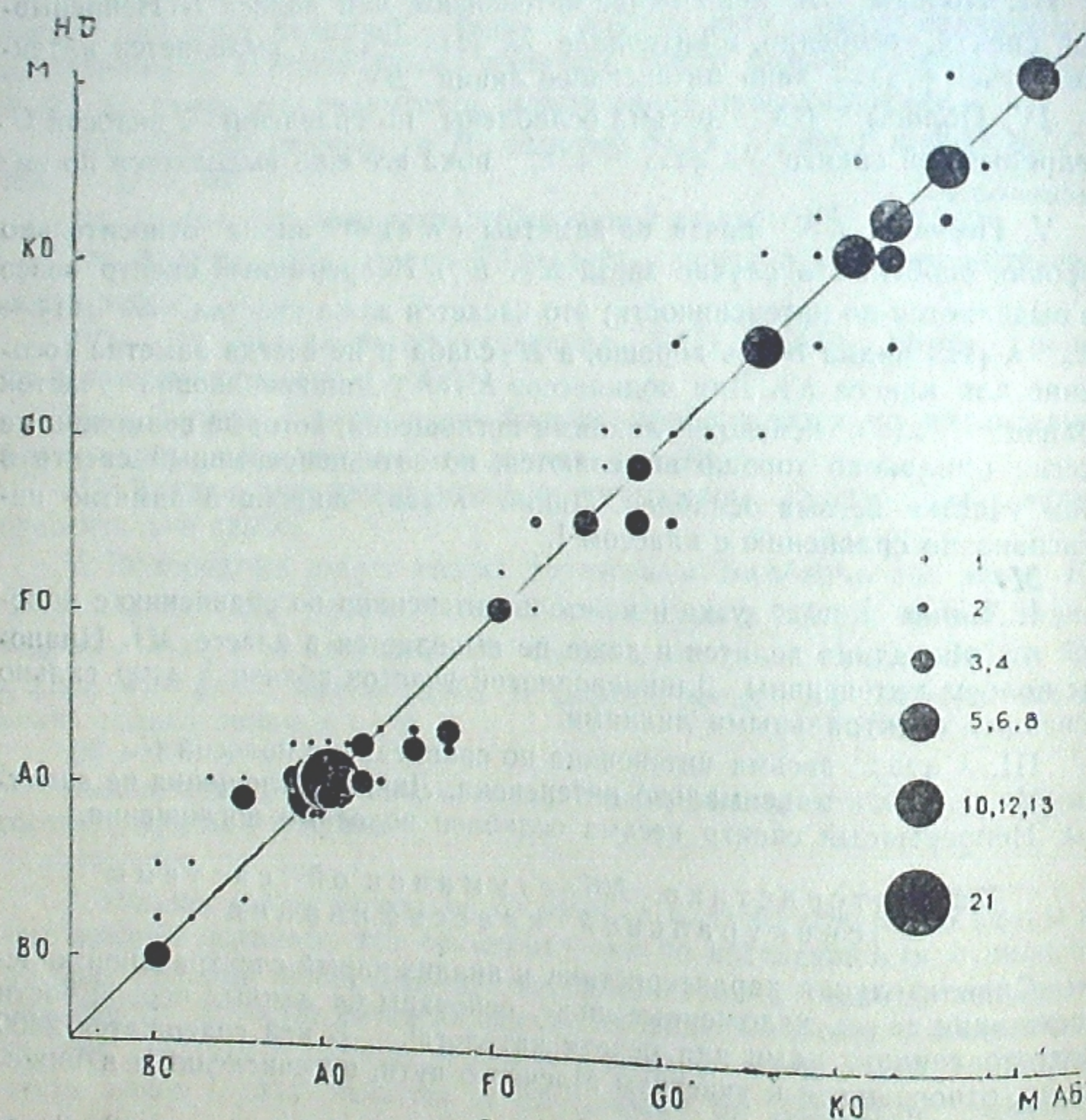


Рис. 1
Сравнение Абастуманской классификации с *HD*

можно признать, что согласие наших данных с последними очень хорошее.

Главным нашим стремлением, при разработке критериев классификации, было оставаться в системе *HD*, но при этом по возможности избежать погрешностей, характерных для данной системы, указанных

Тэкереем [6], и обнаруживающих себя также и в наших сравнениях, как это следует из нижеследующей таблички.

№ <i>HD</i>	<i>Sp</i> <i>HD</i>	<i>Sp</i> <i>A6</i>	№ <i>HDE</i>	<i>Sp</i> <i>HDE</i>	<i>Sp</i> <i>A6</i>
193184	G5	F2	228753	A2	B0V
193246	G5	F2	228828	B8	B2V
193634	B8	B2III	228932	B8	B2V
193855	B8	B2III	228991	A	B3III
194303	G5	B2III	229227	B	F2
194378	F	O6	229263	B8	B3V
194630	A0	B3V			
194910	A3	B3III			
195070	F2	B2V			
195508	A5	B3V			

Присущие каталогам *HD* и *HDE* погрешности, о которых идет речь, могут быть следующего характера. Во-первых, ранние звезды *F* могут быть классифицированы в названных каталогах как *B* и наоборот.

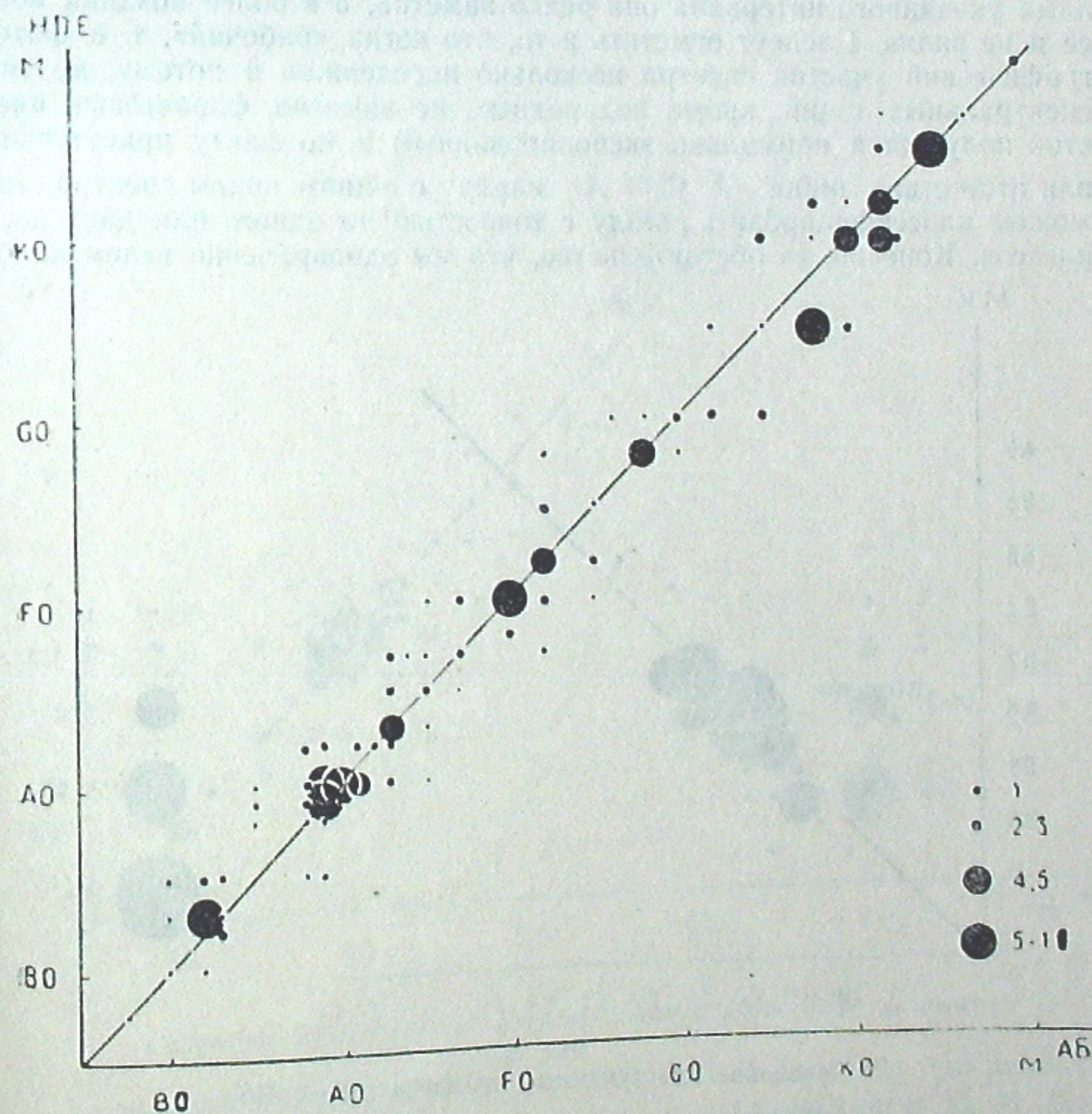


Рис. 2
Сравнение Абастуманской классификации с *HDE*

В нашем случае этого не может быть, т. к. в спектре всегда присутствует линия $CaII K$.

Далее, в силу эффекта абсолютной величины, в спектральном интервале $B8-A2$, звезды большой светимости могут быть классифицированы как ранние B , и наоборот, ранние B , относящиеся по светимости к классам $III-V$, могут быть классифицированы как поздние B , а в некоторых случаях даже и как ранние A . Далекие звезды B , имеющие большое пространственное покраснение и содержащие межзвездные линии K , могут быть классифицированы на 3-4 подкласса более поздними, чем они есть на самом деле и т. д. и т. п.

Наша система свободна от подобных погрешностей благодаря тому, что для звезд типа B мы располагаем относительно строгими критериями. Во-первых, в «рабочем» участке спектра мы легко различаем кроме водородных линий также и другие. Во-вторых, — и это является главным — наши спектры хорошо прослеживаются далеко в фиолетовом конце, до $3500 \text{ \AA}$, где, кроме того факта, что сама интенсивность фиолетового участка является критерием, весьма надежную оценку дает линия $HeI \lambda 3820 \text{ \AA}$. Она очень хорошо видна в интервале $B0-B5$, достигая максимума в $B2$. В более ранних звездах, за пределами указанного интервала она редко заметна, а в более поздних вообще и не видна. Следует отметить и то, что когда «рабочий», т. е. фотографический участок спектра несколько передержан и потому, других спектральных линий, кроме водородных, не заметно, фиолетовый участок получается нормально экспонированным и по факту присутствия или отсутствия линии $\lambda 3820 \text{ \AA}$, наряду с общим видом спектра, мы можем классифицировать звезду с точностью до одного или двух подклассов. Конечно, то обстоятельство, что мы одновременно ведем клас-

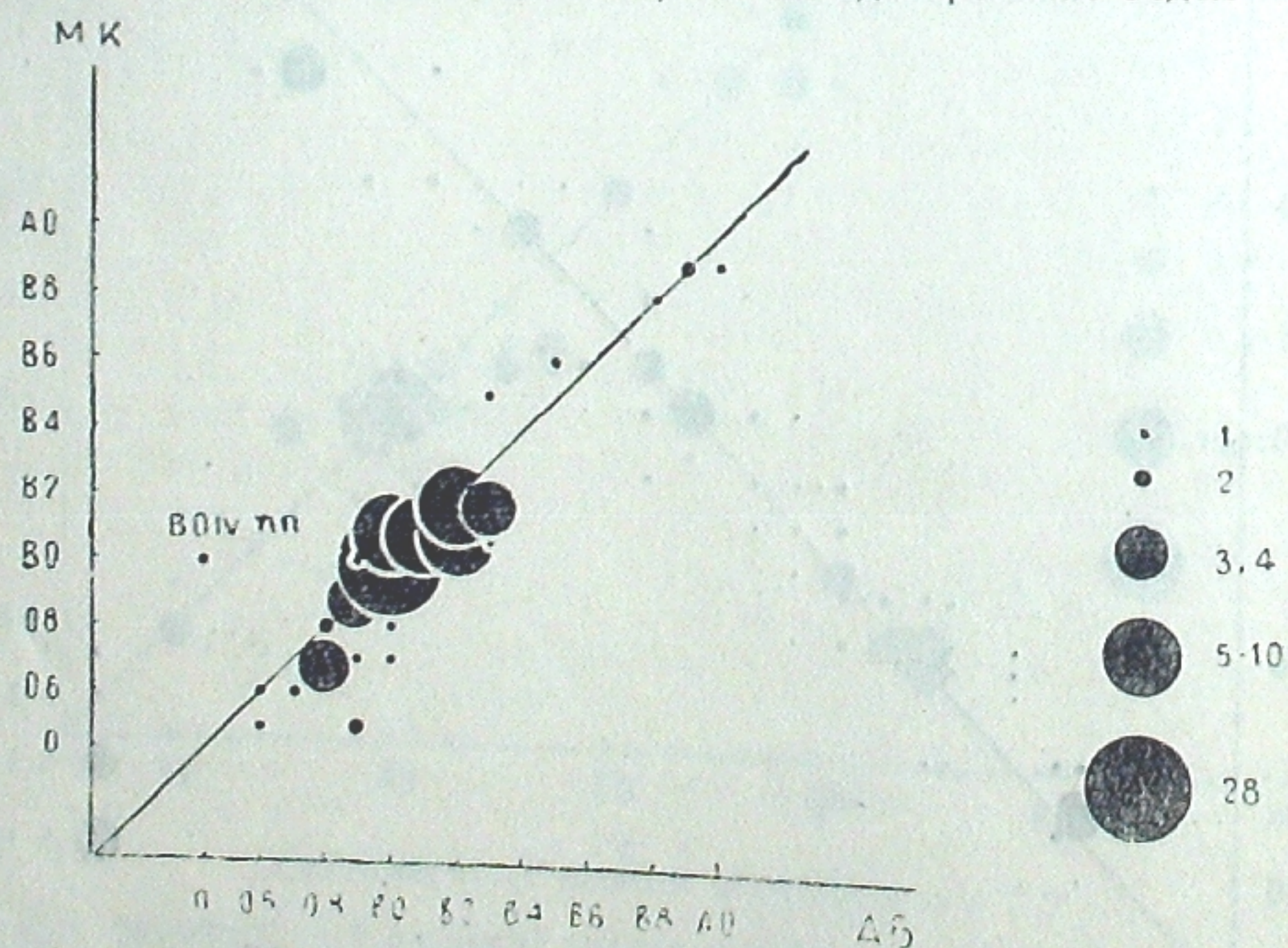


Рис. 3

Сравнение Абастуманской классификации с МК

сификацию и по абсолютным величинам и, следовательно, обращаем внимание и на критерии светимости, способствует нам в получении правильной оценки.

В указанном нами нашем каталоге мы имеем 45 звезд, общих с HD и HDE и классифицированных нами в пределах $O-B3$. Между тем, по HD и HDE они относятся к B , не имея более мелкого подразделения. Этот факт свидетельствует о больших возможностях нашей системы, т. е. о преимуществах наших критериев в отношении ранних B .

Наконец, рис. 3, на котором представлено сравнение наших данных с данными, полученными Морганом, Код и Уйтфордом [7] и Хилтнером [8] в системе MK по щелевым спектрограммам, также является хорошей иллюстрацией строгости наших критериев. В построении графика не участвуют те звезды типа O , для которых мы не имеем подразделений на подклассы. Таких звезд оказалось немного.

Мы сочли интересным привести некоторые сравнения наших данных с результатами Крымской астрофизической обсерватории, где в последнее время осуществляются большие работы по классификации звезд до $12^m 5$. Правда, там ведется лишь одномерная классификация, т. к. малая дисперсия и качество спектров не позволяют делать большего [9].

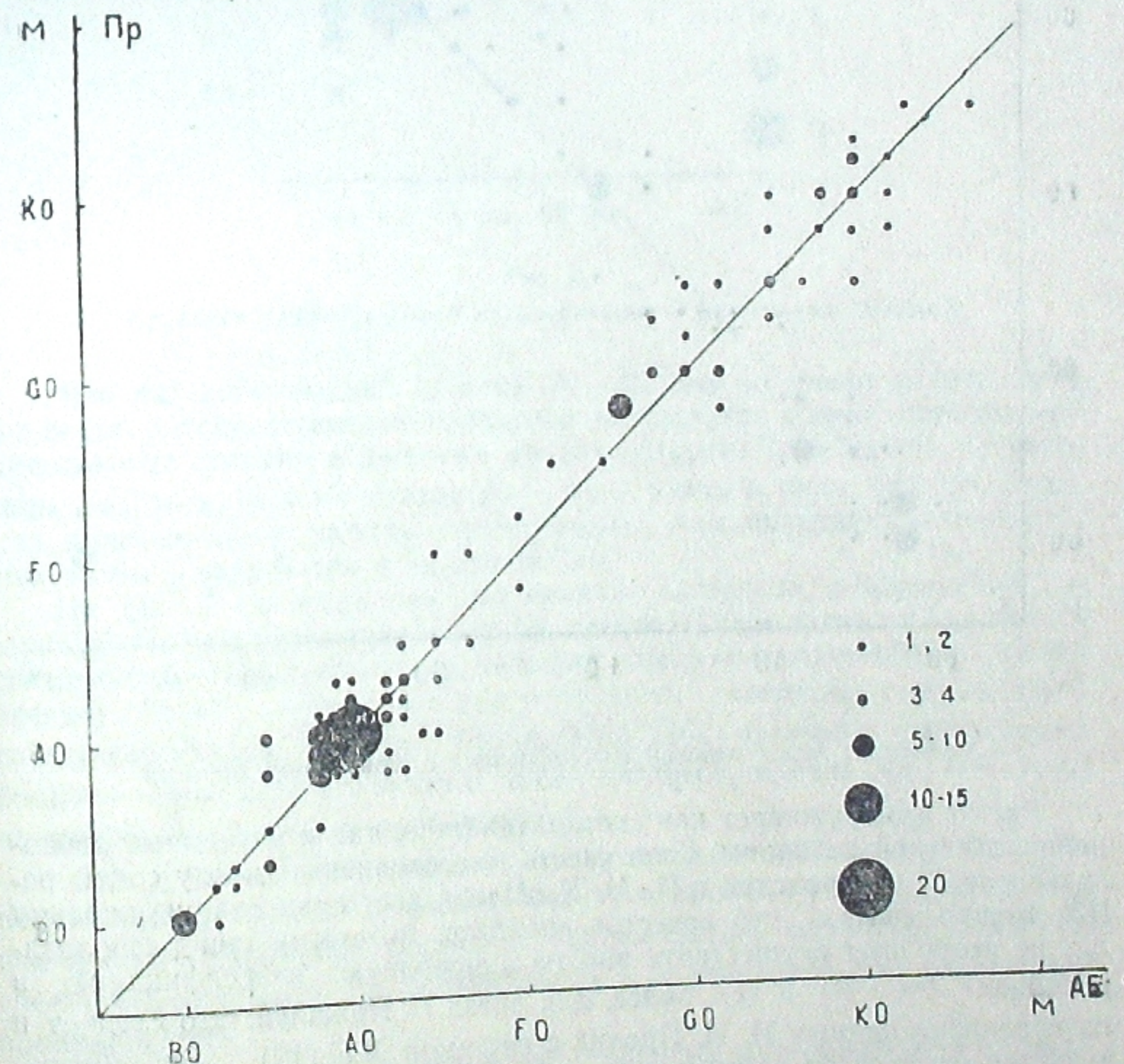


Рис. 4

Сравнение Абастуманской классификации с Крымскими данными

Сравнения иллюстрируются рис. рис. 4, 5, 6, при чем они дают сопоставления Абастуманских определений с определениями И. И. Проппик [10], А. Б. Нумеровой [11] и И. М. Копылова [12], соответственно.

Рис. 5 обнаруживает систематическую разность величиной около одного подкласса в интервалах $B_0 - A_0$ и $G_0 - K_5$. Этот результат вполне естественен, т. к., как указывает А. Б. Нумерова, ее результаты отличаются таким же образом от данных HD и HDE .

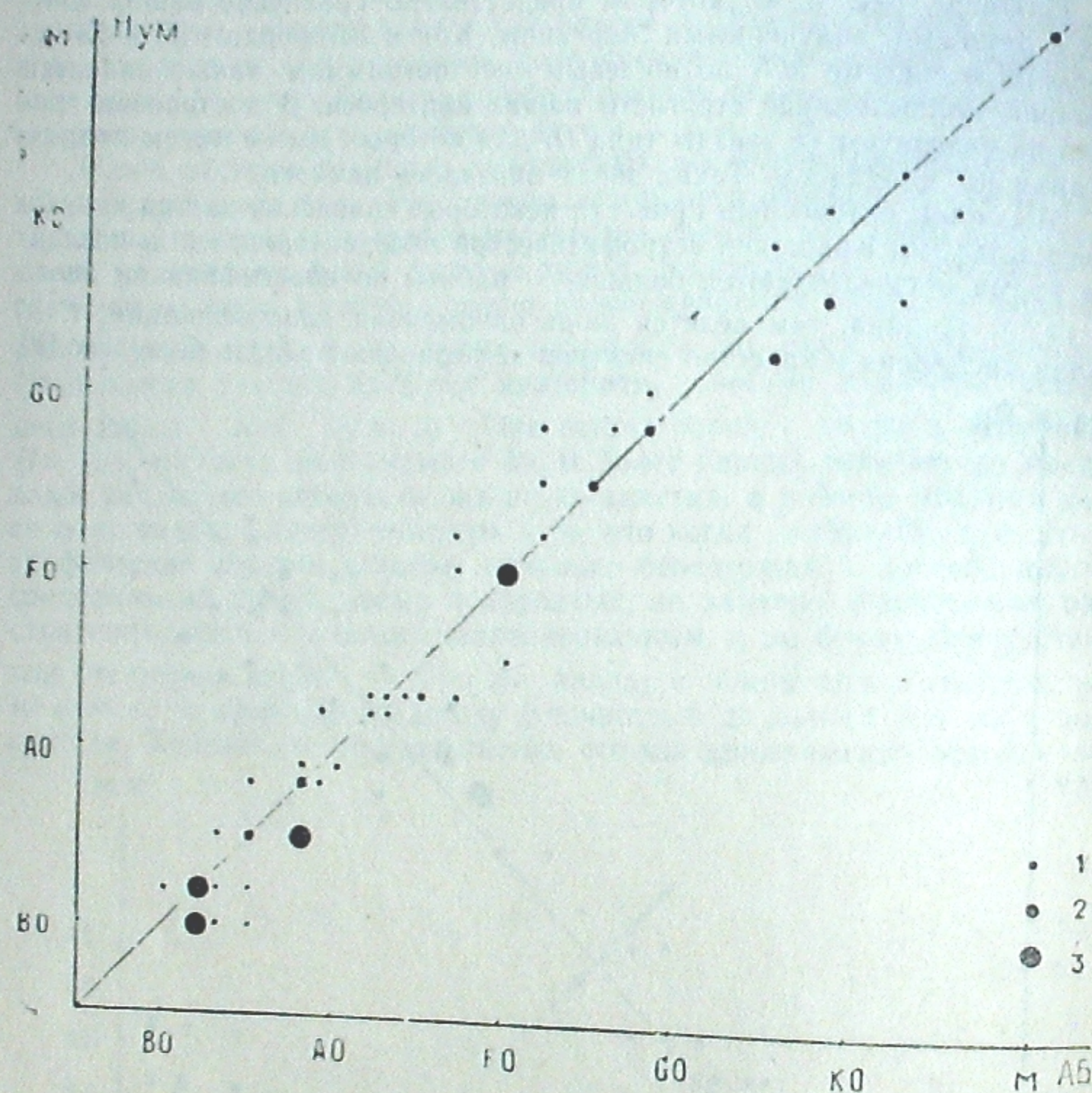


Рис. 5
Сравнение Абастуманской классификации с Крымскими данными

Рис. 6 обнаруживает как систематические, так и случайные отклонения заметной величины. Если учесть, что сравнение между собой результатов Э. С. Бродской и И. М. Копылова дает аналогичную картину [13], можно считать, что качества спектров, которыми они располагают, не позволяют осуществить вполне однородную классификацию в интервале $B_0 - B_5$, а тем более, для звезд O . Пожалуй, это следует и из сравнения данных И. И. Проник с системой $МК$ (10). Это обстоятельство отмечается самими названными авторами. Следует заметить, что система И. М. Копылова несколько смещена в сторону поздних классов, на что указано им самим на основе данных сравнения с HDE . Естественно, особый интерес представляет собой сравнение наших определений абсолютных величин с данными Моргана [7] и Хилтнера [8]. Это сравнение относится к 71 звезде. В интервале $B_0 - B_5$ в 48 слу-

чаях имеется полное совпадение классов абсолютных величин, в 6 случаях имеется разность в 1 подкласс, в трех в 2 подкласса. Для 14 звезд мы не имеем определений абсолютной величины. Все это означает, что наши спектры позволили нам правильно подобрать критерии светимости.

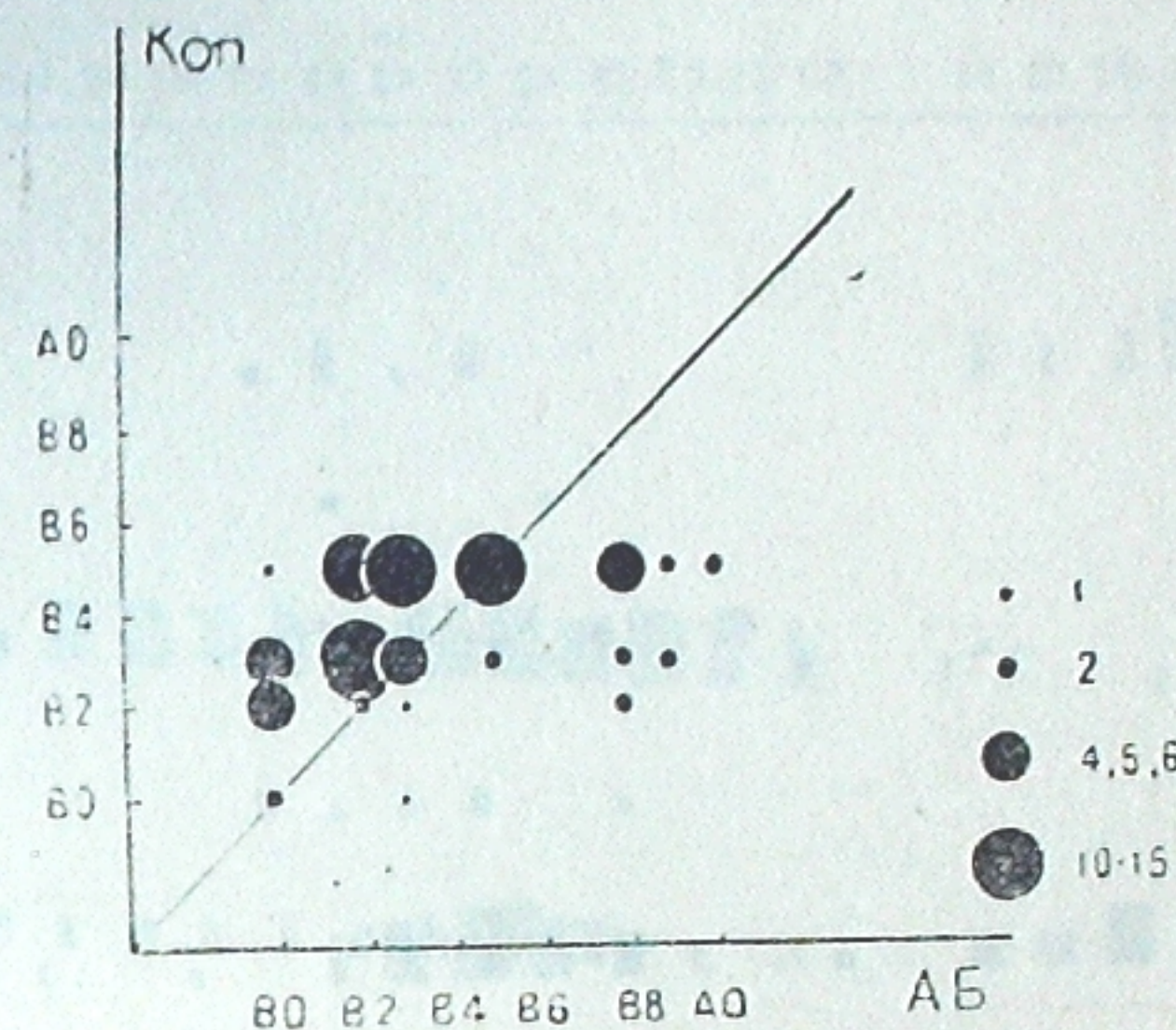


Рис. 6
Сравнение Абастуманской классификации с Крымскими данными

Что касается поздних классов $G_0 - M$, мы не имели возможности провести непосредственное сравнение результатов наших определений абсолютных величин с данными других авторов. Если судить по хорошим результатам в интервале $B_0 - B_5$ и иметь в виду, что для поздних классов, наши спектры предоставляют нам большие возможности, можно быть уверенным и за эти звезды.

На рис. 7 представлено для нашего материала, относящегося к участку II, распределение звезд по спектральным классам и классам светимостей. (На графике наименьший квадрат соответствует одной звезде). Легко видеть, что оно в хорошем согласии с диаграммой спектр-светимость. Правда, обращает на себя внимание относительно большое число сверхгигантов и ярких гигантов, однако это естественно при наличии здесь O -ассоциации.

Для сравнения мы приводим тут же аналогичный график (рис. 8), полученный по данным каталога Нассау и Мак-Рей [14]. Такое сравнение вполне правомочно, поскольку работа Нассау выполнена также со спектрами, снятыми с предобъективной призмой при том же пределе проникновения.

Как видим, график, относящийся к нашему материалу, не содержит звезд типа $G I$ и II классов. Это является показателем того, что наш критерий для типа G не достаточно силен. Это можно было и ожидать, если помнить, что для звезд типа F' нам и вовсе не удастся деление по абсолютным величинам. Нашей целью является сосредоточить в будущем внимание на данном обстоятельстве и восполнить этот пробел.

На рис. 8 почти вовсе не представлены сверхгиганты и яркие гиганты ни для одного класса. Частично это можно объяснить тем, что критерии Нассау и Мак-Рей слабее наших, имея в виду, что они пользовались спектрами относительно малой дисперсии (280 Å/мм вблизи $H\gamma$ [5]).

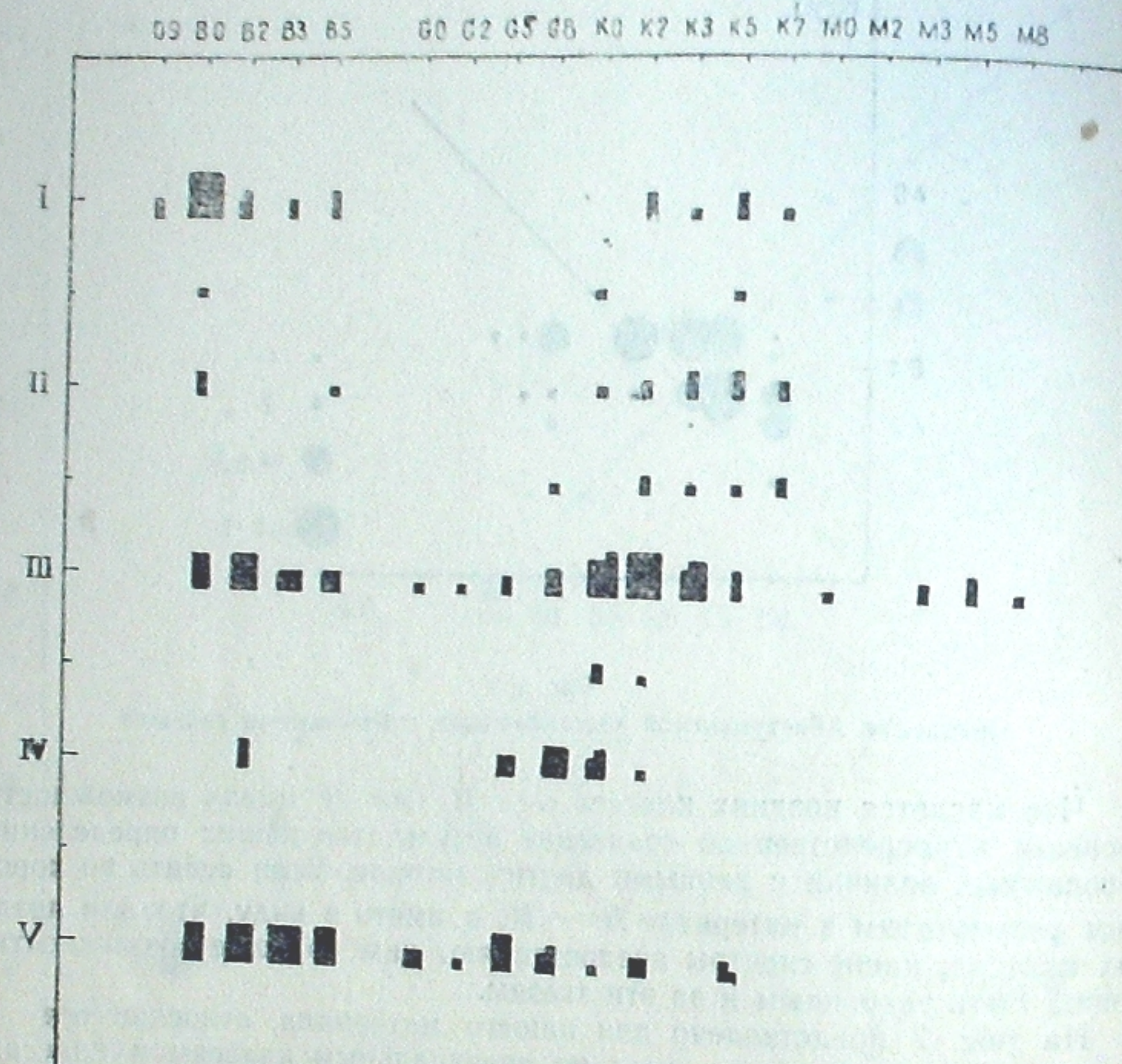


Рис. 7
Распределение звезд в исследованном участке Лебедя
($20^h 22^m$; $+38^\circ 17'$)

Однако, т. к. эффект светимости, проявляющийся в спектре, вообще слаб и при этом мы пользуемся спектрами малой дисперсии, полученными с предобъективной призмой, не всегда является возможным надежное определение абсолютной величины. В таких случаях мы вовсе отказываемся от классифицирования по абсолютной величине. Безусловно весьма важно получение наблюдательного материала хорошего качества. Менисковый телескоп Абастуманской обсерватории и его большая предобъективная призма, в сочетании с атмосферными условиями над обсерваторией, делают это возможным. Следует отметить, что наш материал, относящийся к участку II (созвездие Лебедя), оказался более высококачественным, чем для случаев двух других участков. Поэтому именно в этом участке абсолютные величины определены для максимального количества звезд, почти для всех звезд, что не удалось сделать в двух других, особенно для более ранних звезд.

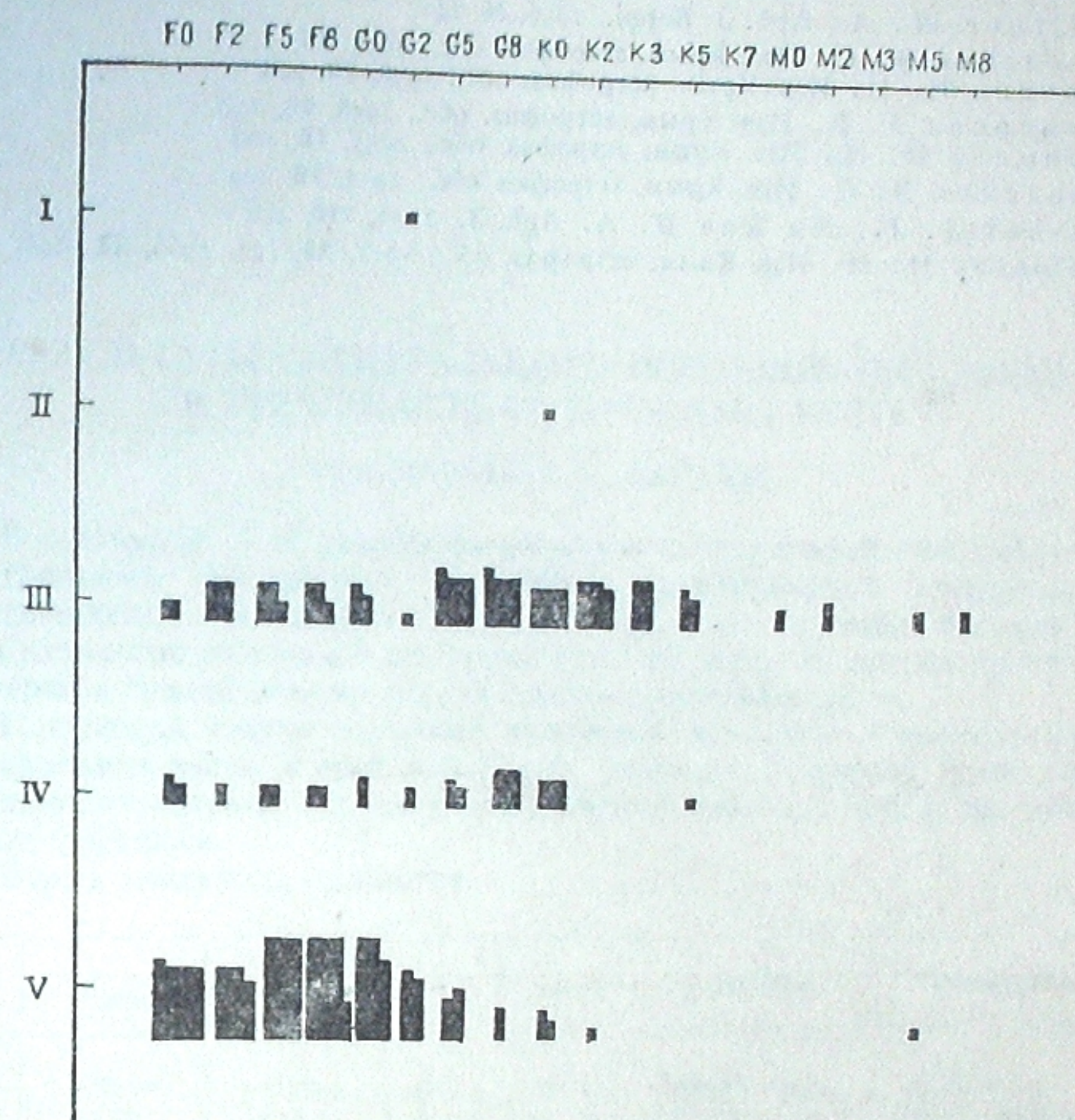


Рис. 8
Распределение звезд по Нассау и Мак-Рей в Лебедь
($20^h 00^m$; $+38^\circ 0'$)

В целом мы можем заключить, что абастуманский менисковый телескоп и его большая предобъективная призма дают такой спектральный материал, который—при пользовании разработанной системой критериев—позволяет проводить надежную двухмерную спектральную классификацию.

Сентябрь, 1959.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шайн Г. А. и Газе В. Ф. Изв. Крым. астрофиз. общ., 1953, 10, 152
2. Киладзе Р. И. Бюлл. Абастум. астрофиз. общ., 1959, № 24, 35
3. Morgan W. W., Keenan Ph. C. and Kellman E. An Atlas of Stellar Spectra with an outline of spectral classification. Chicago, 1943
4. Johnson H. L., Morgan W. W. Aph. J., 1953, 117, 313
5. Nassau J. J., Albada van G. B. Aph. J., 1947, 106, 20
6. Thackeray A. D. The Observatory, 1959, 79, 10
7. Morgan W. W., Code A. D., Whitford A. E. Aph. J. Suppl., 1955, № 14

8. Hiltner W. A. *Aph. J. Suppl.*, 1956, № 24
9. Бродская Э. С. *Изв. Крым. астрофиз. обс.*, 1955, 14, 3
10. Проник И. И. *Изв. Крым. астрофиз. обс.*, 1958, 20, 208
11. Нумерова А. Б. *Изв. Крым. астрофиз. обс.*, 1958, 19, 230
12. Копылов И. М. *Изв. Крым. астрофиз. обс.*, 1953, 10, 120
13. Бродская Э. С. *Изв. Крым. астрофиз. обс.*, 1953, 10, 104
14. Nassay J. J., Mc Rae D. A. *Aph. J.*, 1949, 110, 478
15. Копылов И. М. *Изв. Крым. астрофиз. обс.*, 1958, 20, 123; 1950, 23, 148.

РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВЕЗД В ТРЕХ УЧАСТКАХ МЛЕЧНОГО ПУТИ

Р. А. БАРТАЯ, Е. К. ХАРАДЗЕ

В статьях [1, 2, 3] авторы сообщили о предпринятой ими работе по спектральным обзорениям, основанной на двухмерной спектральной классификации относительно слабых звезд, и составлении, в связи с этим каталогов спектров и звездных величин звезд. В них же изложены критерии и сравнительные характеристики классификации.

Настоящая статья содержит изложение результатов спектрального исследования звезд в трех избранных участках Млечного Пути, представляющих интерес как, по своему расположению, так и по другим характеристикам.

Этими участками являются:

	α_{1950}	δ_{1950}	l	b	Созвездие	Примечания
I	$18^h 15^m$	$-1^{\circ} 59'$	$346^{\circ} 5$	$-0^{\circ} 2$	Стрелец - Щит	NGC 6604
II	20 22	$+3^{\circ} 17'$	$44^{\circ} 9$	$-0^{\circ} 6$	Лебедь	NGC 6913 (Оц)
III	1 32	$+60^{\circ} 43'$	$96^{\circ} 3$	$-0^{\circ} 9$	Кассиопея	Tr1 (Оц)

В перечисленных участках классифицировано 2400 звезд, которые составляют первую секцию нашего Каталога, которая будет опубликована в следующем выпуске Бюллетеня.

Все три участка, исследованные нами, оказались весьма интересными прежде всего с точки зрения частоты и распределения в них звезд высокой светимости.

На рис. рис. 1, 3, 5 представлено распределение звезд $O-B5$ в трех участках; на рис. рис. 2, 4, 6 тоже для звезд $O-BO$. На них же представлены расположенные около взятых направлений звездные скопления и светлые диффузные туманности. Последние отмечены номерами по Атласу Крымской обсерватории [4]. Звезды обозначены черными кружочками различной величины, грубо пропорционально блеску. А те звезды, для которых звездные величины остались, по тем или иным причинам, не определенными, отмечены светлыми кружочками средней величины.

Мы пока еще не предпринимали в отношении данных участков определений показателей цвета. Поэтому мы не располагаем возможностью вычислить расстояния до звезд и, следовательно, построить представление об их распределении в пространстве.

Предварительная дискуссия, относящаяся к данным участкам, опубликована нами в [2, 3]. В связи с этим, мы не будем задерживаться на подробном описании особенностей каждого из исследованных уча-