

ФОТОМЕТРИЯ НЕПРЕРЫВНОГО СПЕКТРА НЕСКОЛЬКИХ ЗВЕЗД С ЯРКИМИ И ТЕМНЫМИ ПОЛОСАМИ В СПЕКТРЕ

М. В. ДОЛИДZE и Г. Н. ДЖИМШЕЛЕЙШВИЛИ

Из наблюдательного материала, полученного для Z Андромеды на большой призмной камере Абастуманской астрофизической обсерватории в 1961 году, нами были обработаны и описаны [1] все снимки, кроме полученных на инфракрасном фотографическом материале. Наличие в красных и инфракрасных лучах полос поглощения в спектре Z Андромеды, аналогично ярким полосам в спектре; затрудняет проведение уровня непрерывного спектра. Влияние этого эффекта при фотометрии непрерывных спектров звезд поздних классов, особенно—в близких инфракрасных (7600—8500 ангстрем) лучах, как известно, изучено мало. Поэтому было решено обработать полученный инфракрасный материал более тщательно одновременно с панхроматическим, включив в список звезд сравнения поздние звезды различных подклассов, а также несколько нестационарных звезд с полосами излучения и поглощения в спектре.

Хотя полностью учесть влияние этого эффекта невозможно, его изучение представляет собой особый интерес, как при фотометрии звезд с комбинированными спектрами, так и для звезд поздних спектральных классов. С увеличением объема работ в красном и инфракрасном областях спектра решение этой задачи становится все более актуальным.

Здесь мы приведем результаты обработки нескольких звезд поздних спектральных классов. Для обработки нами были выбраны звезды в двух областях неба: 1) в области Z Андромеды: Z , WY , BV и TZ Андромеды и 4 звезды класса M и C . Для этих звезд, кроме Z Андромеды, использованы также снимки 1961 г., приведенные в [1] (таблица 1); 2) в области AG Пегаса— AG Пегаса.

Данные о фотоматериале и список изученных звезд приведены в таблицах 1 и 2 (использована 8-градусная призма). В столбце 3 таблицы 1 дается порядковый номер негатива, считая за 1—5 негативы № 2471, 2482, 2485, 2488, 2511, обработанные ранее [1].

Звезды сравнения выбирались близкие по блеску, расположенные на малых угловых расстояниях (на тех же пластинках), но различных спектральных классов. Для AG Пегаса звезды сравнения остались те же, что и в [1].

Спектры обрабатывались на регистрирующем микрофотометре *МФ-4*. Уровень непрерывного спектра мы проводили с учетом известных из литературы полос поглощения и излучения, принимая во внимание также теллурические полосы O_2 : *A*—7596 и *B*—6869. Эти полосы были исполь-

Таблица 1

Область	№ негатива	№ п/п	Дата	α 1900	δ 1900	Эмульсия	Фильтр	Время выдержки в минутах
Z And	2514a	6	13.10.1961	23 29	+48°16'	И—850		35
	2526	7	2.11.1961	23 29	48 16	И—850	КС—10	40
	3731	8	18.11.1963	23 40	47 30	А—700		60
	3739a	9	19.11.1963	23 38	47 30	А—700		30
	3753	10	21.11.1963	23 38	47 30	А—700		30
AG Peg	3755	11	21.11.1963	21 49	12 27	А—700		30
	2853a	12	4. 7.1962	21 49	12 10	И—1070		40

зованы также при отождествлении спектров ранних звезд в инфракрасной области спектра.

Точки непрерывного спектра для фотометрической обработки непрерывных спектров выбирались с учетом расположения полос и линий поглощения и излучения, а также кривой чувствительности фотоматериала.

Таблица 2

Область Z And			
№ по HD, BD или DO	Спектр	Спектр Абастум.	m
HD 221650	Be+gMer	Be+gMa-b	8.0—12.4
23 647	cG2e-K2 (M3)	G5-K3	9.5—10.6
BD+46°102	M3	gMc	10.4—11.3
TZ And	M6	gMd	9.4—10.8
DO 42999	R	C	9.5
43187	R?	C	9.0
43066	M6	dMc	8.1
42986	M8	gMe	9.2
Звезды сравнения			
HD 222086	B9		8.4
220284	G5		8.5
22 702	K5		7.9
22 105	G0		9.0
222934	G5		8.5
BD+46°359		B9	8.6

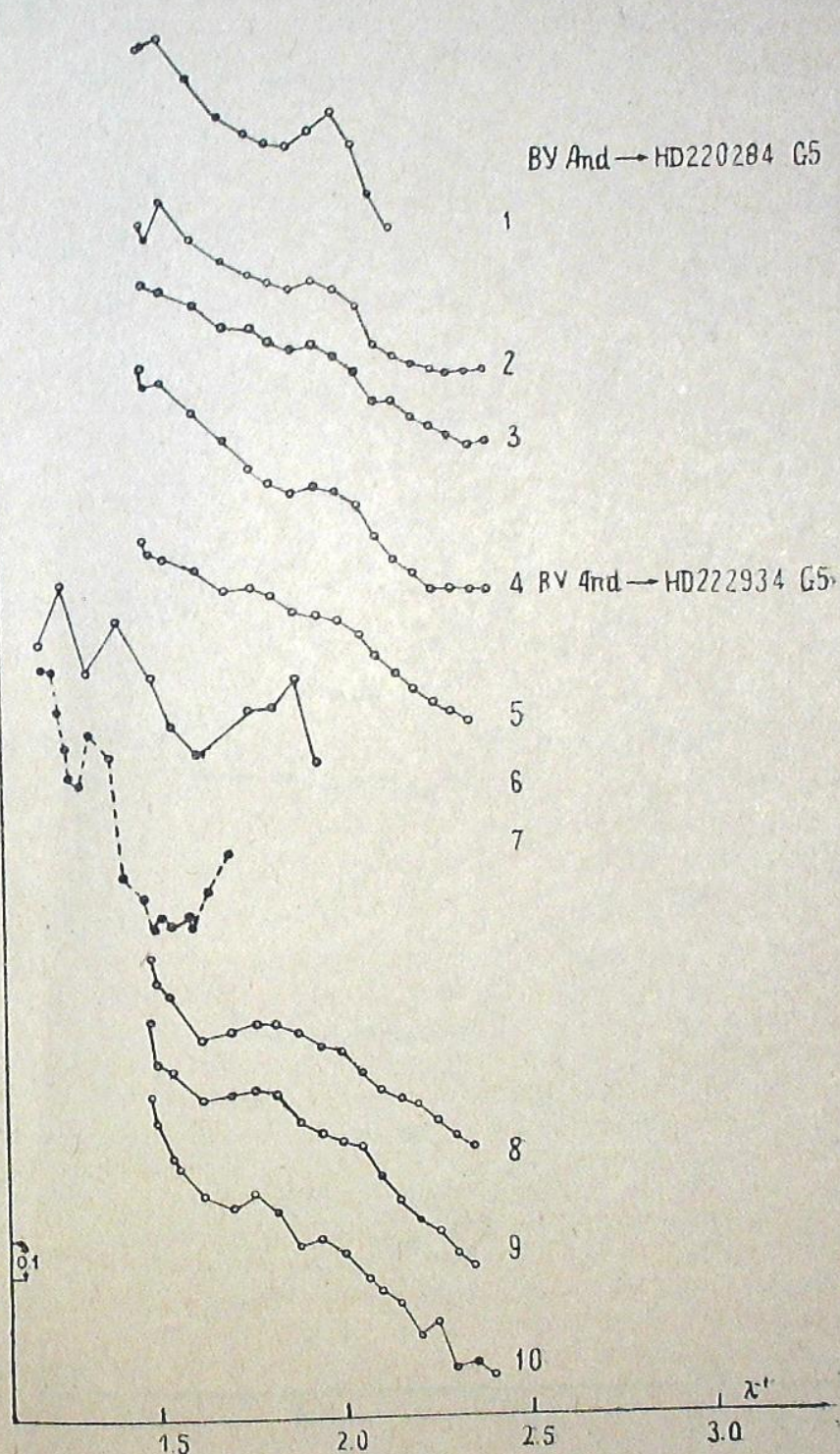
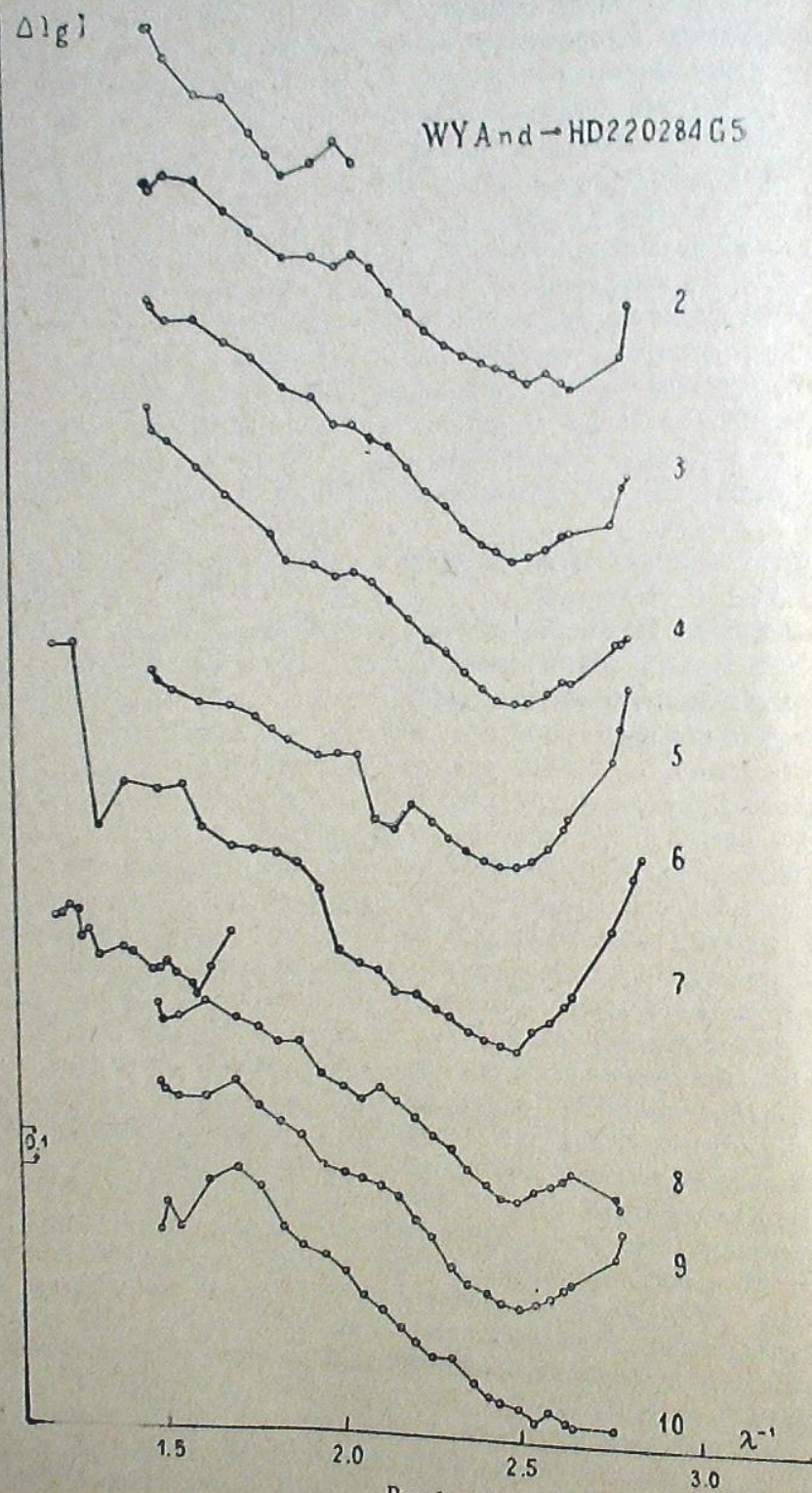
Для *Z* Андромеды и *AG* Пегаса длины волн выбранных точек следующие: 6720, 6670, 6480, 6159, 5885, 5660, 5491, 5319, 5162, 5070, 4883, 4758, 4645, 4536, 4435, 4341, 4253, 4171, 4093, 4019, 3949, 3883, 3820, 3786, 3625, 3598, 3560. Для *Z* Андромеды в инфракрасном участке спектра: 8300, 8250, 8130, 7980, 7900, 7820, 7720, 7520, 7500, 7490, 7220, 7140, 7070, 6900.

Калибровочные снимки были получены в лаборатории на спектрографе ИСП 51. Характеристические кривые строились отдельно для: 1) инфракрасных, 2) красных и 3) фотографических и близких ультрафиолетовых лучей. Характеристические кривые оказалось возможным свести в одну кривую для инфрахроматической эмульсии *И*—850. Для эмульсии *A*—700 мы пользовались двумя кривыми, построенными для красной и фотографической (включая в последнюю близкие ультрафиолетовые лучи) областей (6720—5000 и 4883—3560 ангстрем).

Новые эмульсии *A*—700, *И*—850, *И*—1070 неоднократно были испытаны как в лаборатории, так и при наблюдениях на призменной камере. Они оказались вполне пригодными для ведения как фотометрической, так и спектроскопической работы, и не только в области максимальной спектральной чувствительности эмульсии, но и в соседних участках. Так, например, эмульсия *И*—1070 вполне пригодна для работы в фотографических и близких ультрафиолетовых лучах. В данном случае *И*—1070 мы использовали для фотографического и близкого ультрафиолетового участков спектра.

Сравнение спектров, полученных в разное время, показало, что за время наших наблюдений в спектрах звезд: *AG* Пегаса, *Z*, *WY*, *BY* и *TZ* Андромеды больших и радикальных изменений не происходило. Можно было ожидать, что малым изменениям в линейчатом спектре (а также полос поглощения, характерных для спектра поздних классов) будут соответствовать незначительные изменения в непрерывном спектре.

На рис. 1, 2, 3, 4 мы приводим зависимости ($\Delta \lg I, \lambda^{-1}$) для звезд в области *Z* Андромеды: *WY*, *BY*, *Z*, *TZ* Андромеды и *AG* Пегаса. Номеру на рис. 1, 2, 3, 4 соответствует порядковый номер негатива (табл. 1). Как видно из сравнения зависимостей ($\Delta \lg I, \lambda^{-1}$), для разных дат, значительных изменений в распределении энергии в непрерывном спектре переменных звезд за время наблюдений не происходило. На наших снимках участок спектра *BY* Андромеды за *H γ* искажен спектром соседней звезды, поэтому нами обработан участок до *H γ* (рис. 2 и 4). То же самое мы имеем для звезды *DO* 43187 (*R?*)—рис. 6. Влияние наложения спектров, вероятно, имеет место также частично для звезды *DO* 42999 (*R*)—рис. 6. Здесь следует напомнить, что группа звезд в области *Z* Андромеды физически неоднородна. *WY* и *TZ* Андромеды принадлежат к сферической составляющей Галактики. Это полуправильные переменные гиганты спектрального класса *G*—*K* и *M*. *Z* Андромеды звезда типа *P* Лебеда с комбинированным спектром *Be+gM3*. *BY* Андромеды по данным П. Н. Холопова [2] является членом *T*—ассоциации *AndT** ($r=150$ пс, тип переменности *RW?*). По нашим спектрам *BY* Андромеды имеет спектр *gMc* и, следовательно, можно предположить, что *BY* Андромеды тоже может принадлежать к сферической составляющей, если звезда не имеет комбинированного спектра. На рис. 4, 5 приводим зависимости ($\Delta \lg I, \lambda^{-1}$) для остальных звезд поздних классов, расположенных в области *Z* Андромеды. Влияние эффекта темных полос при сравнении изученных звезд со звездами сравнения поздних классов *G5*, *K5* и *M* незначительно. В слу-



$\Delta \lg I$

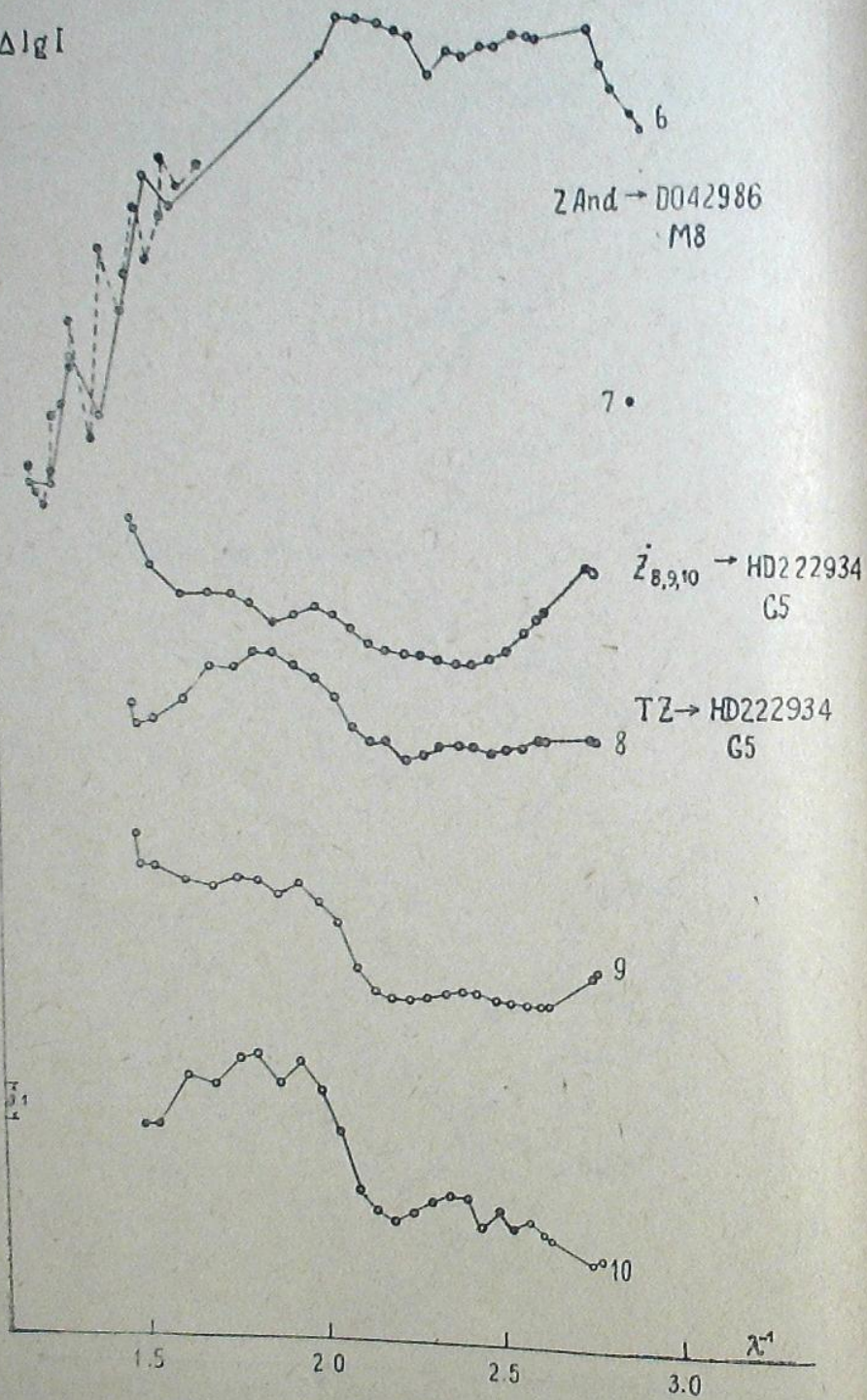


Рис. 3.

$\Delta \lg I$

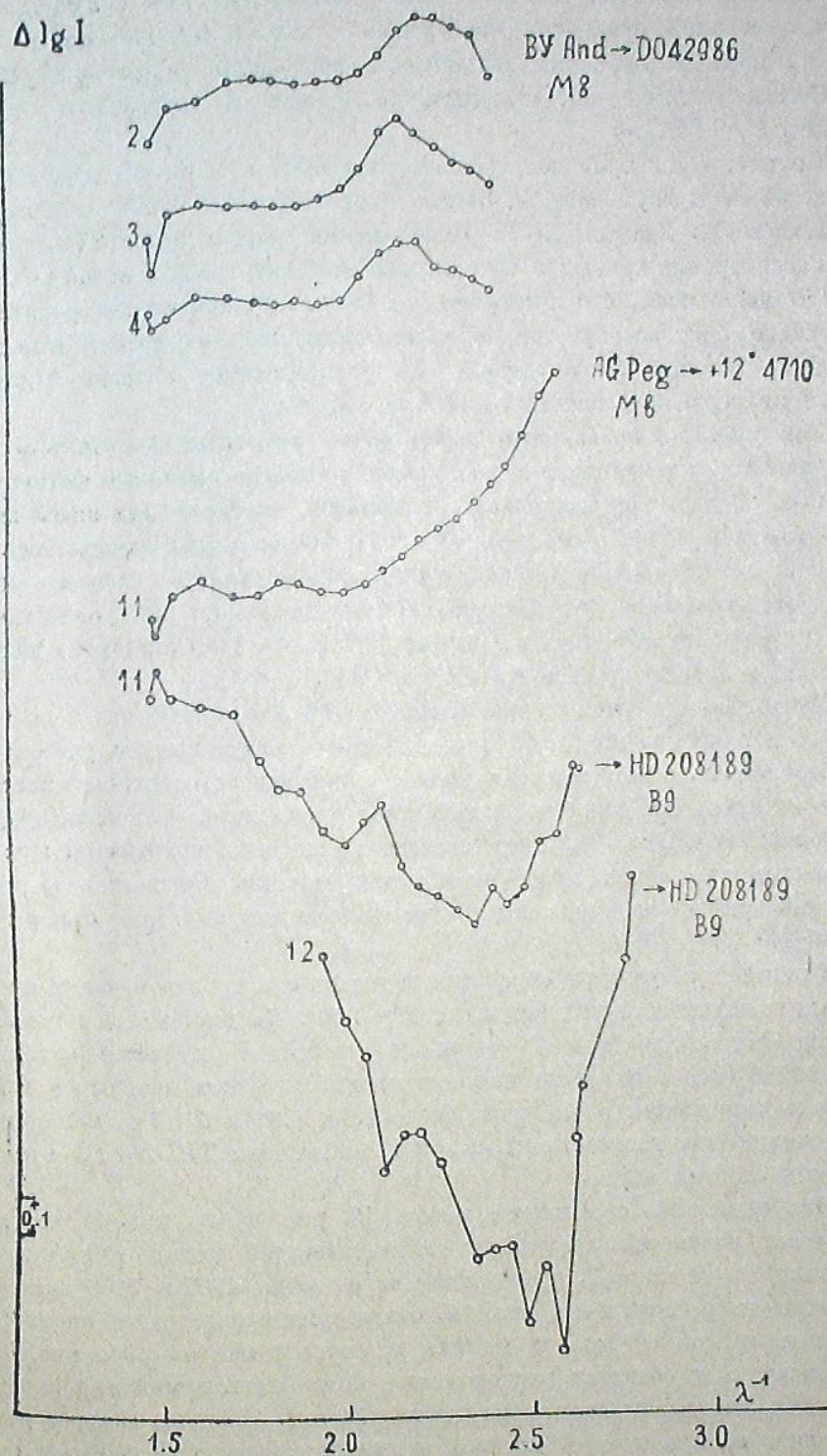


Рис.

чае *AG* Пегаса (рис. 4) влияние полос поглощения при сравнении *AG* Пегаса со звездой сравнения спектрального класса *B9*, как можно было ожидать, незначительно, так как полосы поглощения в красном участке *AG* Пегаса развиты еще недостаточно (спектр *AG* Пегаса в красном участке *gMa—b*).

На рис. 7 мы приводим зависимости ($\Delta \lg I, \lambda^{-1}$) для звезд различных подклассов *M* и двух звезд *C*. Звезда сравнения *HD 222086*—спектрального класса *B9*. Указаны места расположения темных полос *TiO*.

Рассмотрение кривых в точках расположения темных полос поглощения *TiO* показывает, что при учете их (т. е. при проведении уровня непрерывного спектра с учетом по возможности всех известных полос поглощения), влияние этого эффекта на распределение энергии в данной области непрерывного спектра, почти незаметно.

Как известно, правильный выбор точек непрерывного спектра, наименее искаженных наличием полос, важен не только для целей фотометрии непрерывных спектров звезд поздних классов, но также для целей звездной фотометрии и колориметрии. Поправки неоднократно вычислялись для желто-красных лучей. Но с накоплением новых данных о полосах поглощения эти поправки должны уточняться. Например, при определении звездных величин *M*-звезд в красных лучах *R* (6800 ангстрем) должны учитываться полосы поглощения *TiO* и *CaH*.

Возможно, что уменьшение влияния эффекта ярких полос по сравнению с данными работ [3, 4, 5] здесь вызвано более полным учетом темных полос, т. к. с того времени данные о полосах поглощения в красных и желтых лучах пополнились значительно. Кроме того, возможно, что при сравнении *A0* и *M*-звезд, неодинаковых по яркости в видимых, а также в инфракрасных лучах, мало учитывались ошибки, вызванные как этой разницей, так и разницей спада чувствительности эмульсии при разных плотностях.

Приведем результаты обработки звездных спектров в близких инфракрасных и видимых лучах (эмульсия *I—850*). На рис. 8—9 даны зависимости ($\Delta \lg I, \lambda^{-1}$) *M* и *C*-звезд по отношению к звезде сравнения *HD 222086* (*B9*). Как видно из рассмотрения рисунка, плавный ход кривой здесь нарушается в основном около 1.30, 1.62 и 2.16, т. е. именно в тех местах, где расположены полосы поглощения *TiO* и спад чувствительности этой эмульсии.

Для сравнения с данными работы [3, рис. 4] на рис. 10 мы даем отклонения разностей логарифмов интенсивностей звезда минус звезда сравнения *B9* от прямой, проведенной через точки 4100 и 7500 ангстрем. Как видно из рассмотрения рис. 10, отклонения в распределении энергии в спектре звезды от закона Планка имеются и они подобно рис. 4 [3] увеличиваются в областях расположения полос поглощения при переходе от ранних к поздним спектральным подклассам. Но здесь следует учесть следующее обстоятельство, которое заставляет пересмотреть вывод о наличии отклонений в распределении энергии *M*-звезд от планковской вследствие влияния только полос поглощения *TiO*.

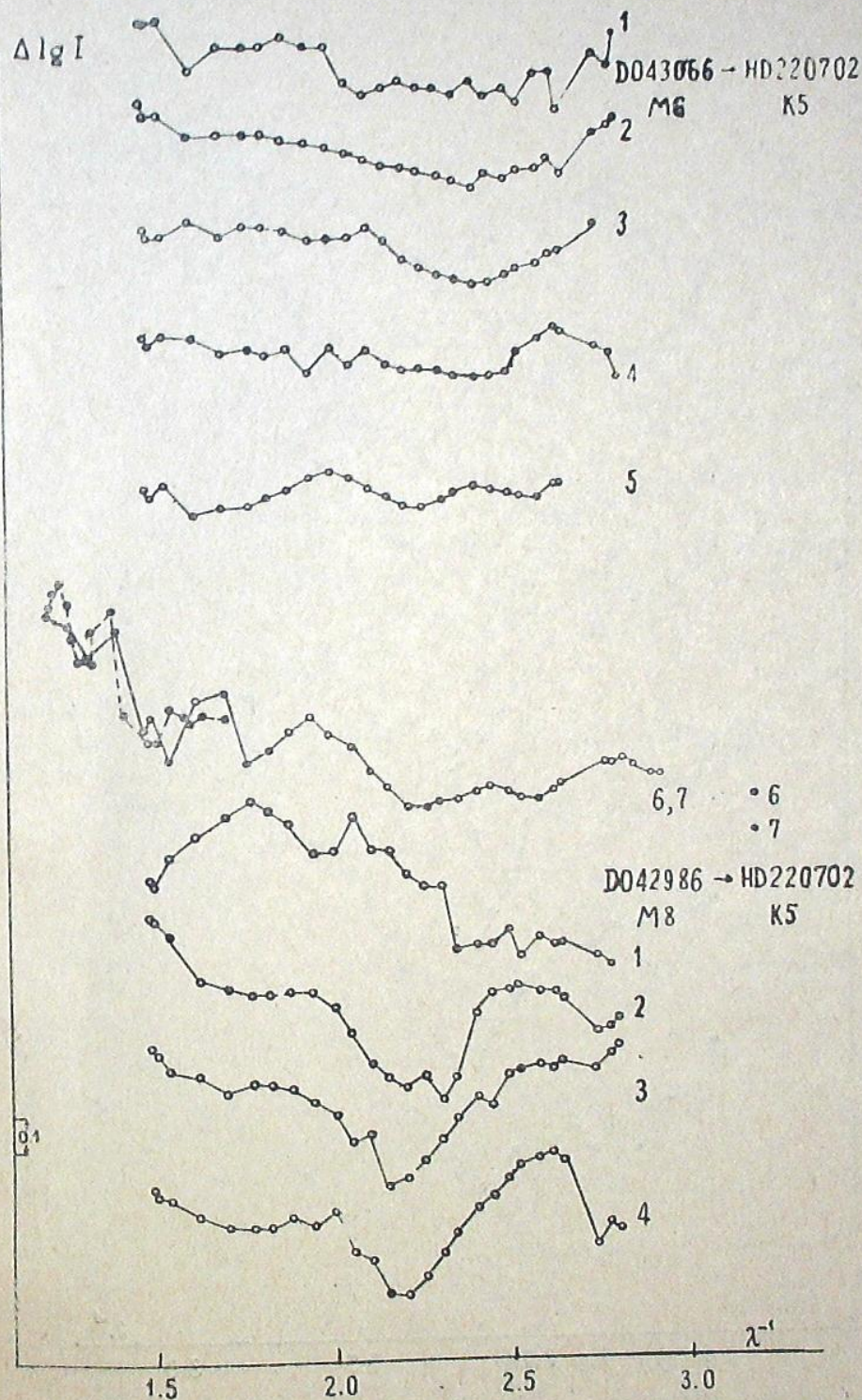


Рис. 5.

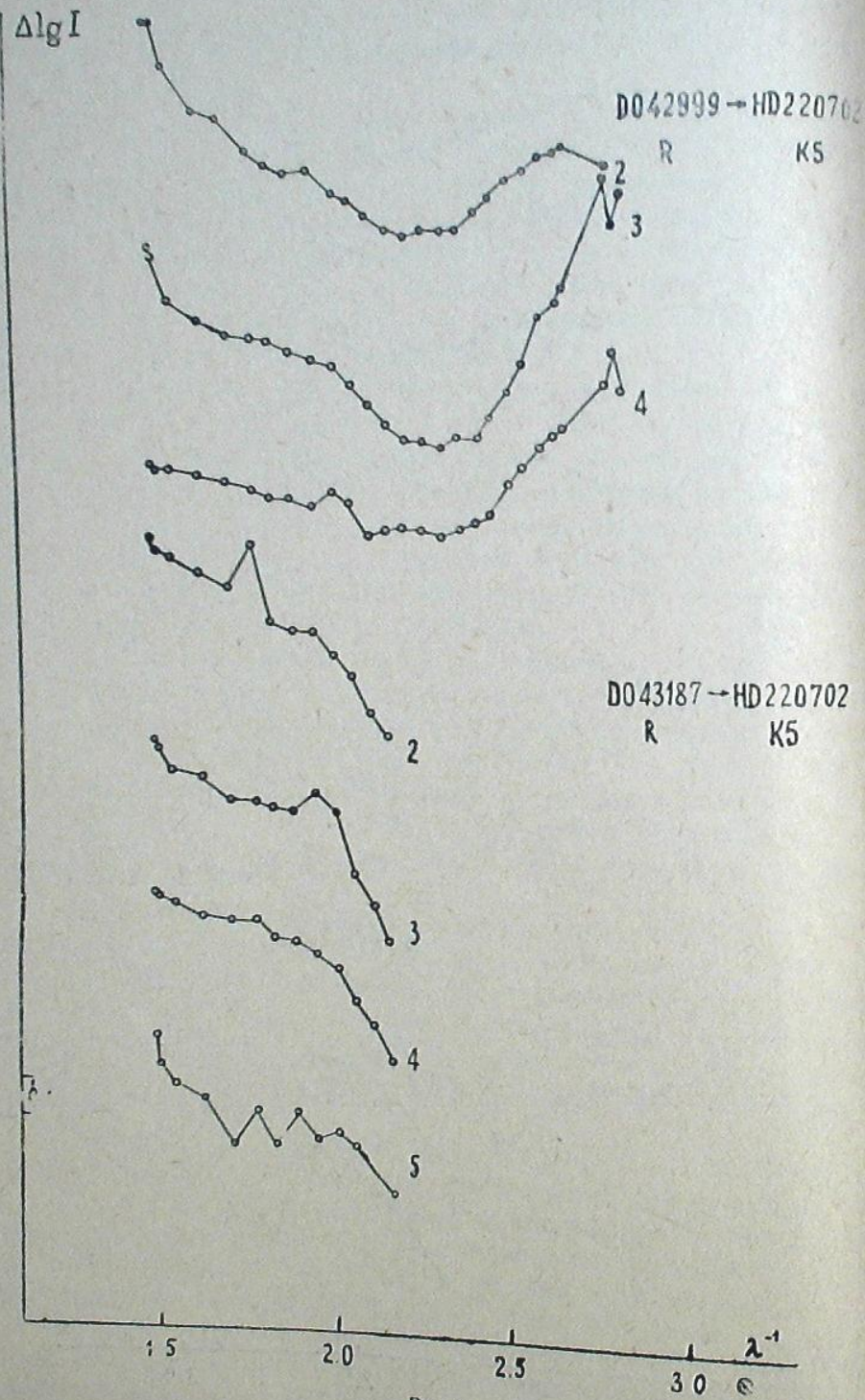


Рис. 6.

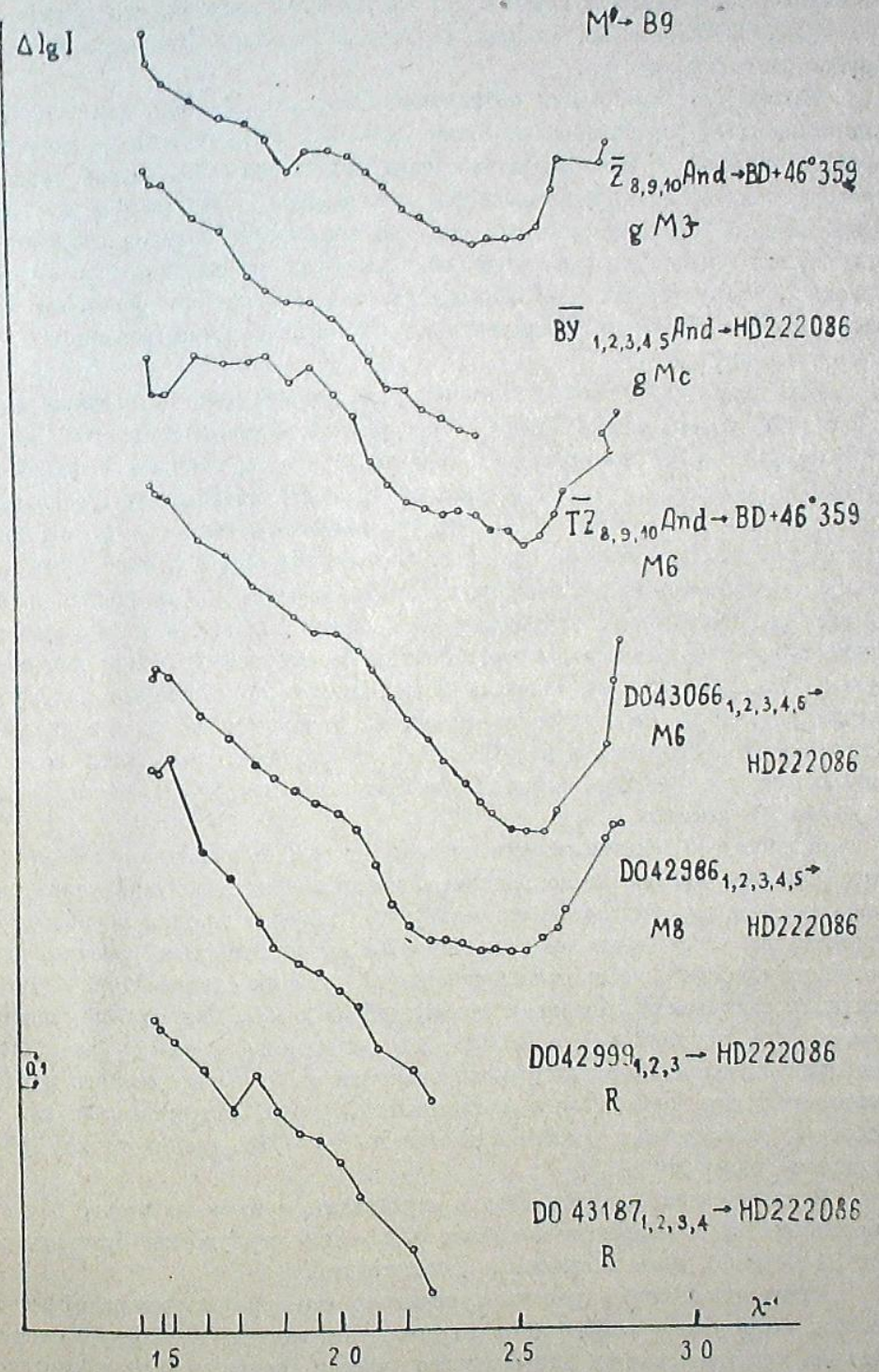


Рис. 7.

В спектрах звезд *C* (рис. 10) отклонения в распределении энергии от планковского имеются почти в тех же участках спектра, что и в спектрах *M*, хотя полосы поглощения различных молекул расположены в других участках спектра.

Можно дать следующее объяснение. Эмульсия *H-850*, как все панхроматические фотоматериалы, имеет глубокий спад чувствительности в области желтых и зеленых лучей (спад чувствительности здесь гораздо сильнее, чем для панхроматического фотоматериала Кодак *OaF* и *A-700*). Учет влияния спада чувствительности при сравнении спектров звезд почти одинаковых по яркости в фотографических лучах, но различных в инфракрасных, затрудняется. Это выражается как отклонение распределения энергии от нормального в определенных участках спектра (различных для различных эмульсий).

Что касается увеличения отклонений при переходе к поздним подклассам *M*, то его можно объяснить следующим образом. В спектрах поздних подклассов *M* интенсивность излучения по сравнению с ранними сильно падает как в участке расположения полос поглощения (совпадающих частично с участками спада чувствительности), так и в фотографических лучах. Поэтому отклонения, т. е. частично ошибки, вызванные неточным учетом влияния изменения чувствительности при различных плотностях, увеличиваются при переходе от ранних к поздним спектральным подклассам. В пользу того, что отклонения не могут быть полностью объяснены влиянием эффекта полос поглощения, говорит также тот факт, что звезда *RS* Лебеда спектрального класса *C*, имеет как по нашим данным (эмульсия *H-810*), так и по [6], малый показатель цвета, хотя полосы поглощения в ее спектре развиты в той же степени, что и в остальных соседних *C*-звездах.

В работе [3] считается, что участки спектра за область 4200—7500 ангстрем мало искажены поглощением, вызываемым молекулой окиси титана, поэтому для выделения температурного эффекта прямая в работе [3] проводилась через точки 4100 и 7500. По многочисленным работам, выполненным после опубликования работы [3], участок спектра 7589—7900 сильно искажается поглощением молекулы *TiO* и *VO*. Полоса 7589 усиливается уже начиная с *M2*. В *M8-M9* поглощение усилено настолько, что практически спектр виден только начиная от 7900. Кроме того в *M5* появляется еще одна полоса поглощения *TiO* 8432 ангстрем. Так как в работе [3] исследованы звезды в интервале *K5-M5*, выбор точки 7500 оправдан только до *M2*.

В дальнейшем, при вычислении отклонений, в качестве второй точки, расположенной в инфракрасном участке, по-видимому, удобнее брать участок 8100—8300, мало искаженный поглощением.

Проведенная нами работа показывает, что при изучении эффекта темных полос очень важно иметь эмульсию без заметных спадов в спектральной чувствительности для большого участка спектра или же несколько эмульсий с различными характеристиками. Если же нет такой возможности, то следует более тщательно выбирать звезды сравнения, а именно, таким

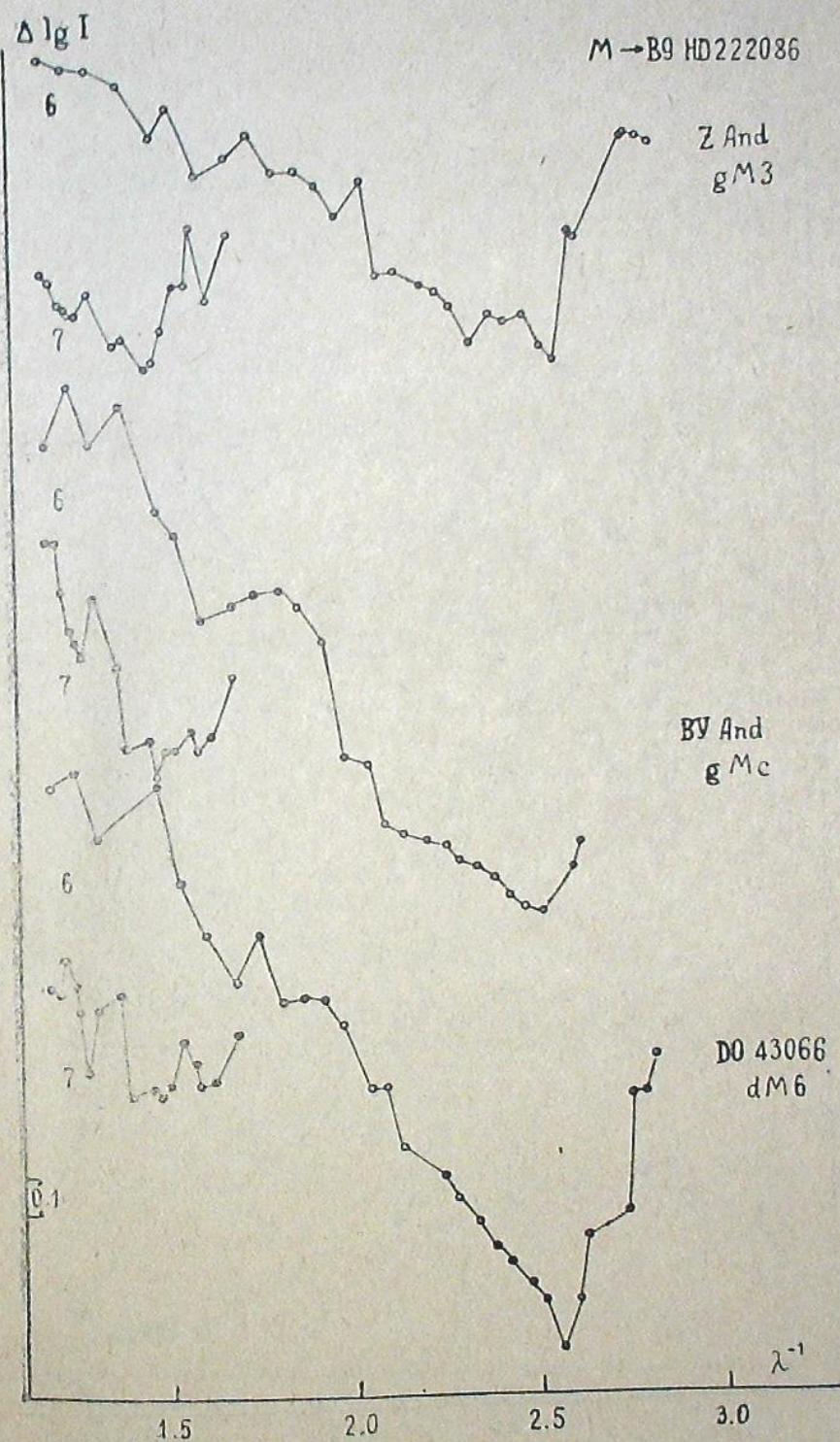


Рис. 8.

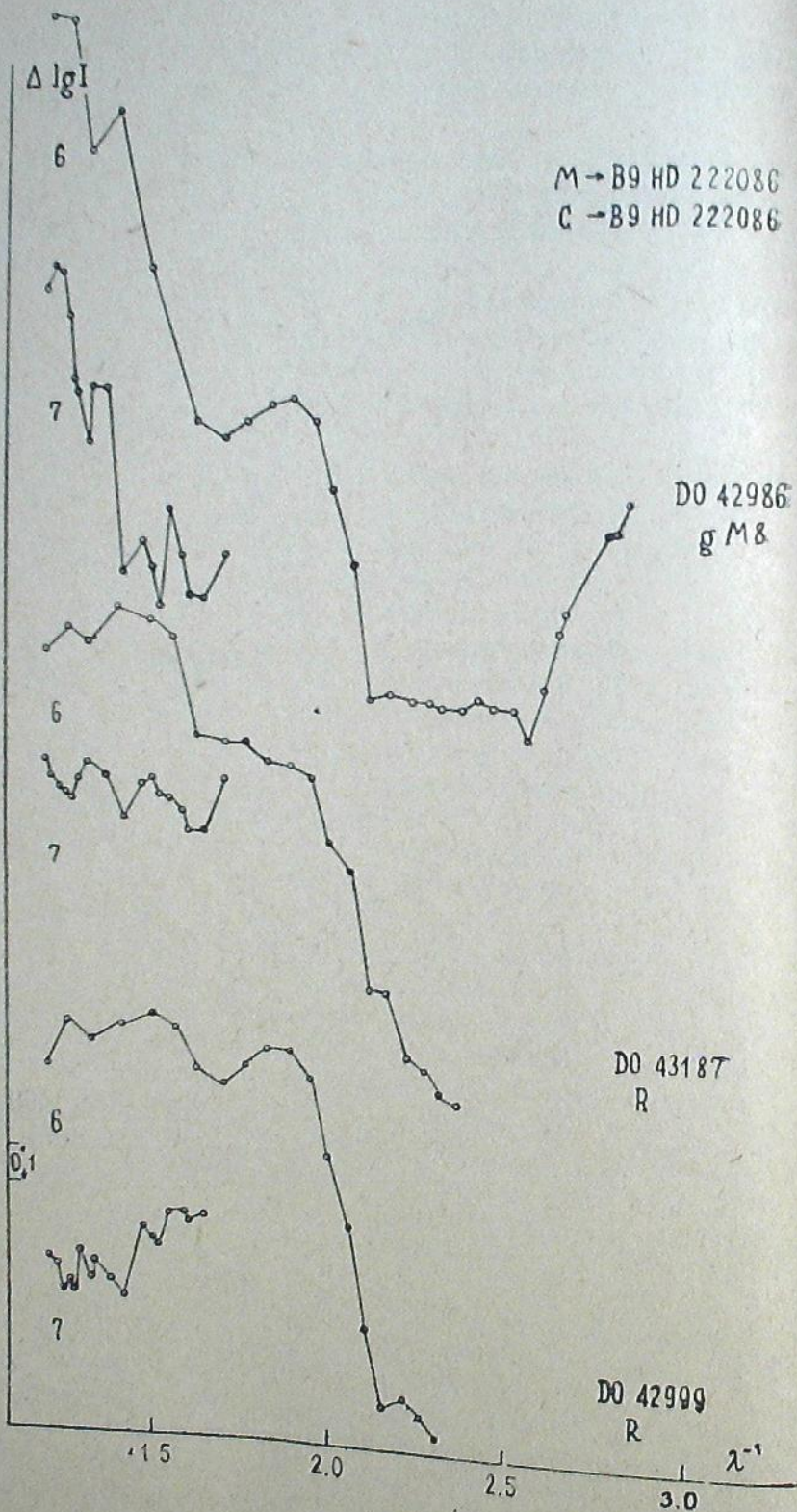


Рис. 9.

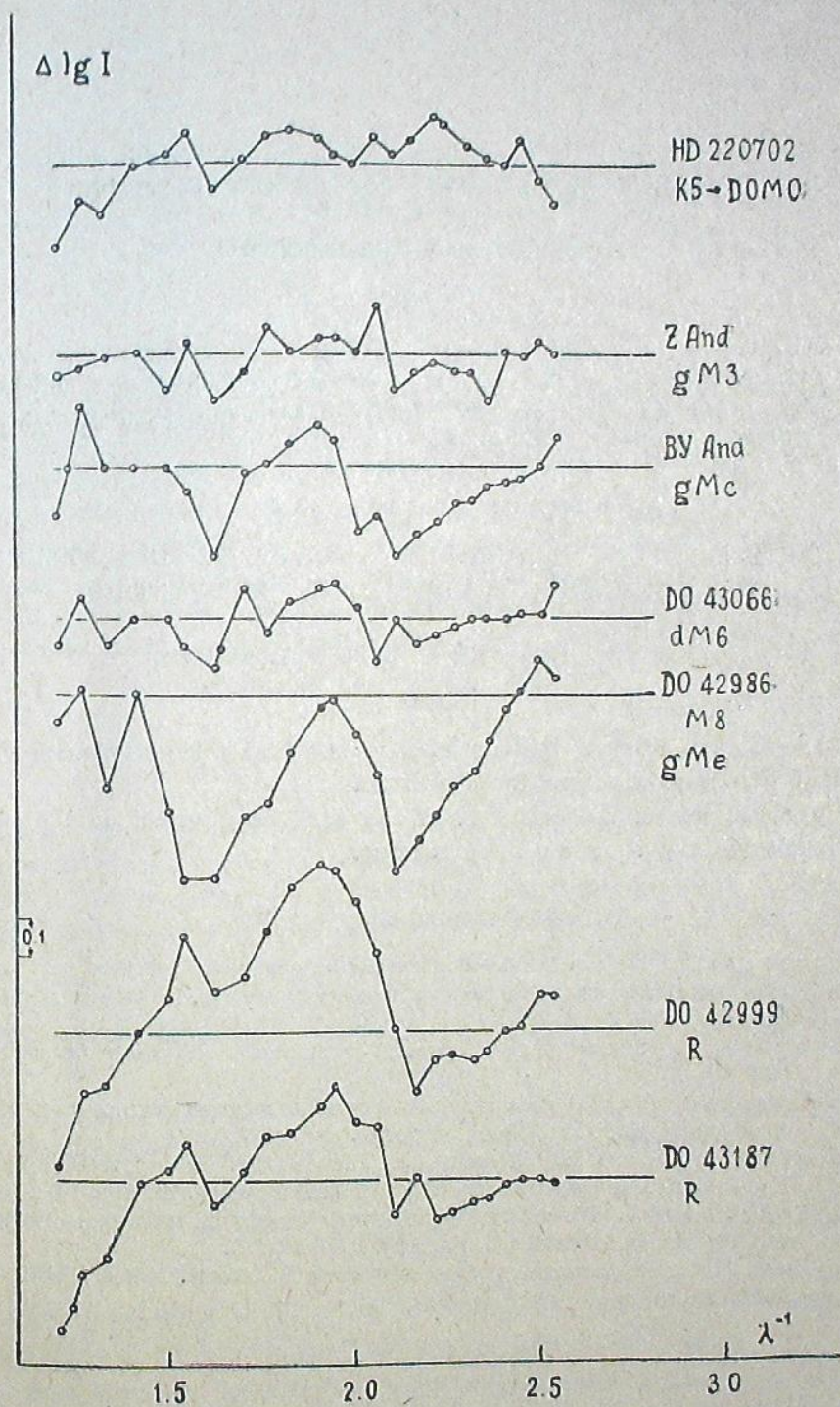


Рис. 10

образом, чтобы они имели одинаковые плотности почернения для изучаемой области спектра.

Март, 1964.

რამდენიმე ბნელი და ნათელჯოლიანი სპექტრის მკონხე
ვარსკვლავის უწყვეტი სპექტრის ფოტომეტრია

ა. დოლიძე და ბ. ჯიმშელიშვილი

(რეზუმე)

მოყვანილია მონაცემები რამდენიმე ბნელი და ნათელი ზოლიანი და გვიანდელი სპექტრული კლასის K , M , C — ვარსკვლავის უწყვეტ სპექტრზე. განხილულია საკითხი ბნელი ზოლების ეფექტის გავლენის შესახებ ენერჯის განაწილებაზე უწყვეტ სპექტრში.

PHOTOMETRY OF CONTINUOUS SPECTRA OF SOME STARS
WITH BRIGHT AND DARK BANDS IN SPECTRUM

M. V. DOLIDZE AND G. N. JIMSHELEISHVILI

(Summary)

The data relating to the continuous spectra of some stars with bright and dark bands in the spectrum are given.

The problem of the influence of the dark band effect on the energy distribution in the spectrum is considered.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Долидзе М. В., Пугач А. Ф. Фотометрия непрерывного спектра четырех нестационарных звезд с полосами поглощения в спектре. Бюл. Абастум. астрофиз. общ. 1962, № 28, 121.
2. Холопов П. Н. Пересмотренный список Т-ассоциаций и их членов. Астроном. Ж. 1959, 36, 295.
3. Добронравин П. П. О распределении энергии в спектрах некоторых низкотемпературных звезд. Изв. Крым. астрофиз. общ. 1950, 5, 59.
4. Kienle H., Strassl H., Wempe J. Die relative Energieverteilungen im kontinuierlichen Spektren von 36 Fundamentalsternen. Zs. Aph. 1938, 16, 201.
5. Hoff Herwart V. Die relative Energieverteilungen im infraroten Spektrum von 18 Fundamentalsternen. Zs. Aph. 1934, 18, 157.
6. Радлова Л. Н. Инфракрасные звезды в области Р Лебеда. Сообщ. ГАИШ, 1953, № 95, 23.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ
НЕЙТРАЛЬНОГО ВОДОРОДА В НАПРАВЛЕНИЯХ $l'=3^{\circ}-6^{\circ}$,
 $b'=-2^{\circ}$ И $l'=354^{\circ}-357^{\circ}$, $b'=0^{\circ}$ (СОЗВЕЗДИЯ ОРЛА И ЩИТА)

С. П. АПРИАМАШВИЛИ

Вопрос о соотношении между нейтральным водородом и поглощающей свет пылью обсуждался многими авторами [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Результаты исследований показывают, что, в среднем, отношение плотности нейтрального водорода к плотности пыли составляет 100. Обнаружены также некоторые флуктуации относительного содержания пыли.

Исходя из предположения, что вблизи галактической плоскости облака пыли равномерно перемешаны с нейтральным водородом, мы определили на основе наших наблюдательных данных о межзвездном поглощении [8] средние плотности нейтрального водорода.

Масса пыли определялась по формуле [9]:

$$M_{\text{пыли}} = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho N, \quad \text{где } N = \frac{\Delta m}{1,086 \pi r^2 Q}$$

Здесь r и ρ — радиус и плотность пылинки, соответственно; N — число пылинок в столбце поглощающей туманности с основанием 1 см^2 и длиной l ; Δm — среднее фотографическое поглощение света в том же столбце; Q — «фактор эффективности» (отношение эффективного сечения рассеяния к геометрическому сечению частицы с радиусом r).

Для определения массы газа в столбце с основанием 1 см^2 и длиной l , использована формула:

$$M_{\text{газа}} = n_{\text{H}} m_{\text{H}} \cdot l.$$

Принимая, что в среднем $\frac{M_{\text{газа}}}{M_{\text{пыли}}} = 100$, мы получили:

$$n_{\text{H}} = \frac{100 \cdot M_{\text{пыли}}}{m_{\text{H}} \cdot l} \quad (1)$$

При вычислениях n_{H} мы пользовались следующими численными значениями: $r = 4 \cdot 10^{-5} \text{ см}$, $\rho = 1$, $Q = 2$ и $m_{\text{H}} = 1,6374 \cdot 10^{-24} \text{ гр}$.

Вычисленные средние плотности нейтрального водорода и средние плотности по радионаблюдениям [10, 11] даются в нижеследующей таблице. n и n_1 — средние значения плотностей нейтрального водорода по данным радионаблюдений [10, 11] и вычисленных по (1), соответственно.