

А. С. АКОПЯН

О МАКРОСТРУКТУРЕ НЕПРЕРЫВНЫХ СПЕКТРОВ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ ЗВЕЗД КЛАССОВ А0—А2

1. Введение

Среди удачных снимков, полученных с помощью «Ориона-2», оказался также кадр F-13, на котором зафиксированы коротковолновые спектральные снимки звезд в области неба вокруг β Aug. Изображения самих спектральных снимков на этом кадре оказались расширенными (перпендикулярно дисперсии) в значительно большей степени, чем на обычных кадрах. Это «незапрограммированное» обстоятельство было нами использовано с целью повышения веса наших измерений, а именно, путем снятия двух-трех микрофотометрических записей по различным сечениям одного и того же спектрального снимка. В окончательных результатах по распределению энергии в ультрафиолете каждой из изученных звезд представляются, однако, усредненные величины по данным обработки нескольких таких записей.

На кадре F-13 оказались, в частности, спектральные снимки группы сравнительно ярких звезд классов А0—А2. Нами было подобрано 10 звезд класса А0 и четыре — класса А2 с достаточно качественными спектральными снимками и поставлена цель выяснить, сохраняется ли постоянство макроструктуры непрерывных спектров в ультрафиолете среди разных звезд одного и того же спектрального подкласса. При этом мы имеем в виду макроструктуру непрерывного спектра в основном в области длин волн 2500—3000 Å.

Для решения поставленной задачи, очевидно, необходимо оперировать наблюдательным материалом в высшей степени однородным, свободным от влияния внешних факторов. Это условие в нашем случае соблюдается благодаря подборке сопоставляемых звезд строго из одного и того же кадра. Далее, во избежание ошибок, вызванных внесением поправок за влияние межзвездного избирательного поглощения, мы сгруппировали звезды одного и того же подкласса также по одинаковому или почти одинаковому видимому блеску. Наконец, в тех случаях, когда звезды одного и того же подкласса, но разного блеска, достаточно яркие, а стало быть, достаточно близкие — не дальше 200 пс, учет межзвездного поглощения отпадает сам по себе и сопоставление непрерывных спектров таких звезд между собой может быть осуществлено непосредственно.

В последующих разделах статьи проанализированы коротковолновые спектры звезд классов А0 и А2, подобранных и сгруппированных по перечисленным выше признакам. Оказывается, макроструктура непрерывных спектров этих звезд в области длин волн 2400—3000 Å непостоянна и может варьировать в ощутимых пределах.

2. Макроструктура спектров звезд класса А0

Список изученных нами звезд в обозначениях каталогов SAO и HD приведен в табл. 1 наряду с их координатами, звездными величинами и спектральными классами. Сведениями о классе светимости этих звезд мы не располагаем. По всей вероятности, все они принадлежат главной последовательности.

Таблица 1

Основные данные об исследованных звездах

SAO	HD	Спектр	V	α (1900)	δ (1900)
040588	38188	A0	7.7	05 ^h 38 ^m .9	44 [°] 44'
040605	38287	A2	8.0	05 39.6	45 44
040631	—	A0	8.5	05 42.7	45 04
040642	38617	A2	7.6	05 43.3	43 59
040645	38832	A0	8.6	05 43.6	46 17
040681	39250	A0	8.7	05 46.2	44 16
040692	39414	A0	8.8	05 47.4	45 19
040699	39553	A0	8.7	05 48.3	43 34
040745	40131	A0	8.0	05 51.8	46 55
040746	40143	A0	6.6	05 51.9	45 37
040796	40586	A0	8.0	05 54.7	45 19
040816	40785	A2	8.7	05 55.9	44 02
040877	41578	A0	7.3	06 00.8	45 34
040927	42173	A2	7.5	06 04.2	44 10

Коротковолновая граница наших измерений находится в основном на 2400 Å; иногда она доходит до 2300—2250 Å. Результаты измерений — относительная величина потока излучения F_λ на длине волны λ — представлены в звездных величинах Δm_λ , то есть $\Delta m_\lambda = -2,5 \lg(F_\lambda/F_{3000})$ принимая $\Delta m_{3000} = 0$. Найденные нами величины для изученных звезд приведены в табл. 2.

Все звезды типа А0, входящие в табл. 1, разделены на три группы. В первую группу вошли пять звезд, фотовизуальные величины которых почти одинаковые и находятся в пределах $V = 8^m5 : 8^m8$, во вторую группу — две звезды с одинаковыми блесками, равными 8^m8 , в третью — три самые яркие звезды с блесками от 6^m6 до 7^m7 .

На рис. 1 приведены графические зависимости найденных нами потоков Δm_λ (кружки) от длины волны для первой группы звезд типа А0. Здесь и на остальных рисунках сплошной линией проведены теоретические распределения непрерывного спектра, соответствующие той или иной эффективной температуре и $\lg g = 4.0$ в модели фотосферы Михаласа [1].

Таблица 2

Наблюдаемый поток излучения Δm_λ (в звездных величинах) в ультрафиолетовой области непрерывного спектра исследованных звезд ($\Delta m_\lambda = 0$ на $\lambda = 3000$). (Обозначения звезд — по каталогу SAO)

λ (Å)	040681	040745	040692	040699	040645	040631	040877	040796	010588	040746	040927	040605	040816	
2250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—0.12	—	—	—	
2300	—	+0.02	-0.22	—	—	—	—	—	—	-0.05	—	—	—	
2350	—	0.00	-0.20	—	—	—	—	—	—	+0.12	—	—	—	+0.37
2400	—	-0.02	-0.18	-0.10	—	+0.28	+0.39	+0.15	-0.05	+0.40	+0.30	0.00	—	+0.32
2450	—	-0.02	-0.15	-0.08	-0.08	+0.20	+0.35	+0.08	+0.12	+0.37	+0.21	-0.02	—	+0.32
2500	+0.12	-0.08	-0.19	-0.08	-0.15	+0.12	+0.25	+0.02	+0.08	+0.15	+0.21	-0.08	+0.22	+0.25
2550	+0.05	-0.08	-0.18	-0.02	-0.10	+0.10	+0.18	0.00	+0.17	+0.08	+0.21	-0.05	+0.25	+0.35
2600	-0.05	-0.10	-0.20	+0.02	-0.05	+0.08	+0.12	-0.02	+0.20	+0.05	+0.15	-0.00	+0.28	+0.27
2650	0.00	-0.08	-0.02	+0.02	+0.02	+0.05	+0.08	0.00	+0.20	+0.05	+0.15	+0.12	+0.25	+0.27
2700	-0.05	-0.13	+0.02	+0.05	+0.10	+0.12	+0.07	+0.16	+0.15	-0.03	+0.12	+0.22	+0.30	+0.25
2750	-0.07	-0.10	-0.08	0.00	+0.07	+0.07	+0.07	+0.20	+0.07	-0.05	+0.18	+0.18	+0.35	+0.27
2800	0.00	-0.03	-0.07	0.00	+0.07	-0.03	+0.10	+0.22	+0.13	+0.05	+0.27	+0.10	+0.30	+0.27
2850	-0.02	+0.08	-0.12	-0.07	+0.10	-0.07	+0.10	-0.10	+0.05	+0.20	+0.12	+0.05	+0.15	+0.24
2900	-0.02	+0.08	-0.07	-0.05	+0.02	-0.07	+0.02	-0.05	+0.12	+0.05	-0.02	-0.02	+0.02	0.00
2950	0.00	-0.02	-0.05	-0.02	-0.05	-0.05	-0.02	-0.02	+0.02	0.00	-0.07	0.00	0.00	0.00

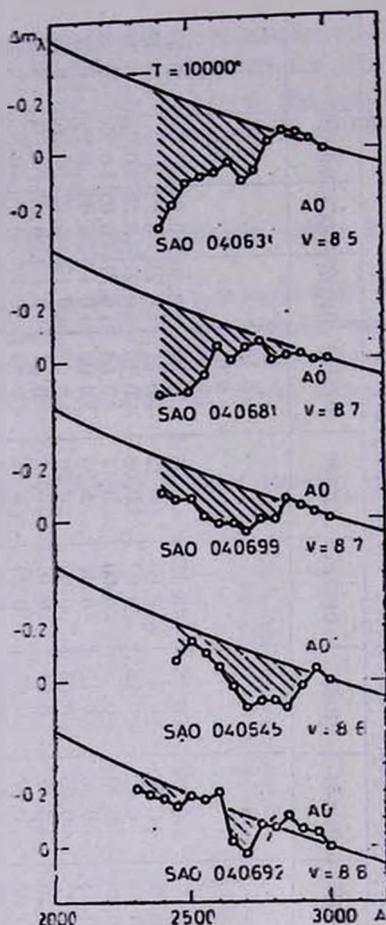


Рис. 1. Распределение энергии (кружки) в спектрах пяти звезд класса A0 почти одинакового блеска ($V = 8^m.5 \div 8^m.8$) и в интервале длин волн 3000—2400 Å. Переход от нижнего графика (SAO 040692) к верхнему (SAO 040631) соответствует возрастающей величине депрессии непрерывного спектра по отношению к теоретическому распределению (сплошная линия).

Следует иметь в виду, что влияние спектральных линий поглощения на непрерывный спектр фотосферического излучения в модели Михаласа не учитывается совершенно, и она используется в данном случае лишь в качестве некоего условного уровня, по отношению к которому можно будет вести дальнейший анализ, касающийся постоянства или вариаций макроструктуры непрерывного спектра в заданном интервале длин волн.

Уже тот факт, что все пять звезд на рис. 1 представлены с определенной последовательностью, может служить указанием на отсутствие постоянства или однородности в макроструктуре непрерывных спектров класса A0. Действительно, в то время как у первой снизу звезды, SAO 040692, на-

блюдаемый спектр почти что «ложится» на теоретическую кривую, соответствующую $T_{\text{eff}} = 10000^{\circ}\text{K}$, у последующих звезд мы обнаруживаем все большее и большее отклонение от этой кривой, причем всегда в сторону дефицита энергии. Достигает это отклонение своего максимума у звезды SAO 040631, у которой дефицит энергии образует мощную депрессию в непрерывном спектре, достигающую по глубине $0^{\text{m}}3 - 0^{\text{m}}5$.

Две другие A0 звезды одного и того же блеска (вторая группа, $V = 8^{\text{m}}0$), а стало быть, в одинаковой степени подверженные влиянию межзвездного поглощения, показывают, как следует из рис. 2, довольно отличную друг от друга макроструктуру в своих непрерывных спектрах.

Макроструктуры непрерывных спектров двух первых звезд из нашей третьей группы, а именно, SAO 040746 и 040877, оказались довольно сходными друг с другом (рис. 3); в обоих случаях мы наблюдаем довольно

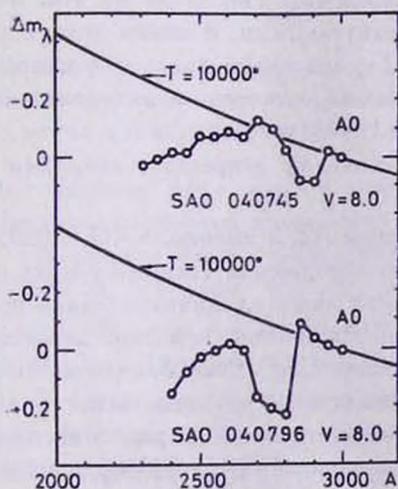


Рис. 2.

Рис. 2. Распределение энергии в ультрафиолете в спектрах двух звезд класса A0 одного и того же блеска ($V = 8^{\text{m}}0$). Заметно отличие в макроструктуре депрессии.

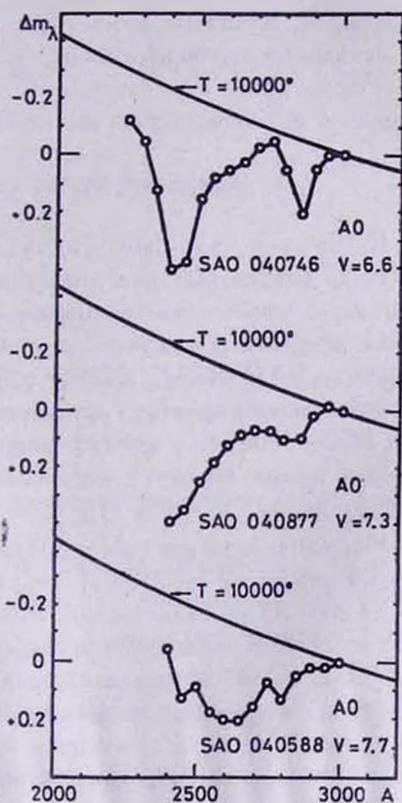


Рис. 3

Рис. 3. Распределение энергии в спектрах трех ярких звезд класса A0. Макроструктура депрессий у первых двух звезд почти одинаковая и отличается от таковой для третьей звезды (SAO 040588).

мощную депрессию в интервале длин волн 2400—3000 Å , одновременно со сходным профилем «дна» этой депрессии. Что касается третьей звезды, SAO 040588, то она похожа на первые две разве только мощностью депрессии; сам профиль депрессии у нее заметно отличается от того, что мы наблюдаем у первых двух звезд. В частности, глубина депрессии на 2400 Å в случае SAO 040588 почти в три раза меньше, чем у первых двух звезд этой группы.

Анализ коротковолновых спектров звезд класса A0 приводит, таким образом, к выводу об отсутствии строго однородной структуры в характере распределения энергии в их спектрах по крайней мере в интервале длин волн 2400—3000 Å . Ошибки наших измерений Δm_{λ} , по-видимому, не превышают $0^{\text{m}}2$, и поэтому трудно допустить, что отмеченный разброс в макроструктуре спектров звезд класса A0 может быть результатом ошибок измерений; так или иначе, использованную нами методику анализа и, в особенности, принятые нами меры по обеспечению предельной однородности исходного наблюдательного материала приходится принять во внимание. Несмотря на это, сделанный вывод следует считать сугубо предварительным и нуждающимся в дальнейшей проверке.

3. Макроструктура спектров звезд класса A2

Как и следовало ожидать, аналогичная картина наблюдается и в случае звезд класса A2; она представлена на рис. 4. Число использованных нами звезд этого типа невелико — всего четыре. Несмотря на это, полученные результаты кажутся довольно убедительными. В самом деле, в трех случаях — SAO 040927, 040816 и 040642 — мы имеем более или менее однородную макроструктуру в их непрерывных спектрах, в интервале длин волн 2400—3000 Å , а именно, мощную и глубокую депрессию с почти одинаковым профилем самой депрессии. Глубина же депрессии, например, на 2500 Å , составляет $0^{\text{m}}3 - 0^{\text{m}}4$.

Наряду с этим мы имеем пример звезды A2, а именно, SAO 040605, у которой депрессия на 2500 Å отсутствует совершенно (первый сверху график на рис. 4). У этой звезды наблюдается лишь «длинноволновая» половина, на 2750 Å и то со слабо выраженной мощностью, основной депрессии.

То, что коротковолновый спектр звезды SAO 040605 отличается существенно от спектров остальных трех звезд того же типа, заметно даже на микрофотометрических записях. В качестве примера на рис. 5 воспроизведены факсимиле микрофотометрических записей SAO 040605 и 040642, подтверждающие сказанное.

4. Относительная мощность депрессии

Мощность депрессии в той или иной области непрерывного спектра можно представить в звездных величинах, при этом измеряется просто ее глубина от уровня теоретического (неискаженного) непрерывного спектра до основания депрессии. В нашем случае речь идет об относительной мощ-

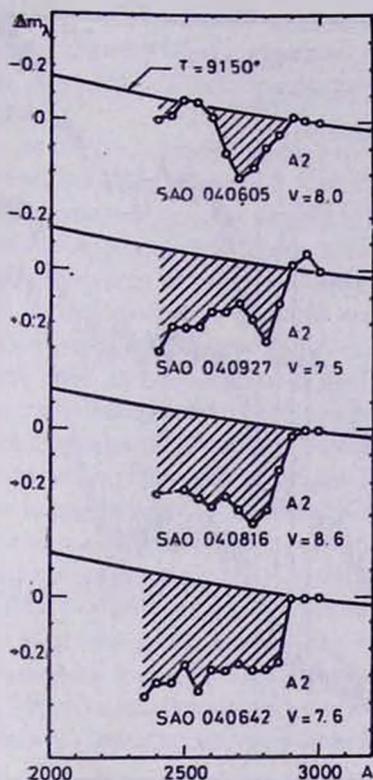


Рис. 4. Распределение энергии в спектрах четырех звезд класса A2. Заметно сильное отличие макроструктуры депрессии в непрерывном спектре звезды SAO 040605 от депрессии остальных трех звезд.

ности депрессии δm_{λ} , имея в виду, что условный (неискаженный) уровень непрерывного спектра нормирован на $\lambda = 3000 \text{ \AA}$.

Найденная нами относительная мощность депрессии $\delta m_{(2800)}$ на $\lambda = 2800 \text{ \AA}$, средняя от 10 звезд класса A0, оказалась равной $0^m13 \pm 0^m08$; для A2 звезд эта величина оказалась равной $0^m27 \pm 0^m09$. Эти данные находятся в хорошем согласии с результатами Дж. Б. Оганесян [2], найденными для других групп A0 и A2 звезд, а также Андерхилл [3], которая нашла $\delta m_{(2800)} = 0^m10$ для одной звезды класса A0p (Si) (γ Dra) и $\delta m_{(2800)} = 0^m23$ для A2V (β Aur).

5. Некоторые выводы

Дефицит энергии в той или иной области непрерывного спектра по отношению к его нормальному уровню, иначе — депрессия в непрерывных спектрах, вызван блокирующим эффектом многочисленных линий поглощения, принадлежащих — в случае звезд классов A0—A2 — нейтральным

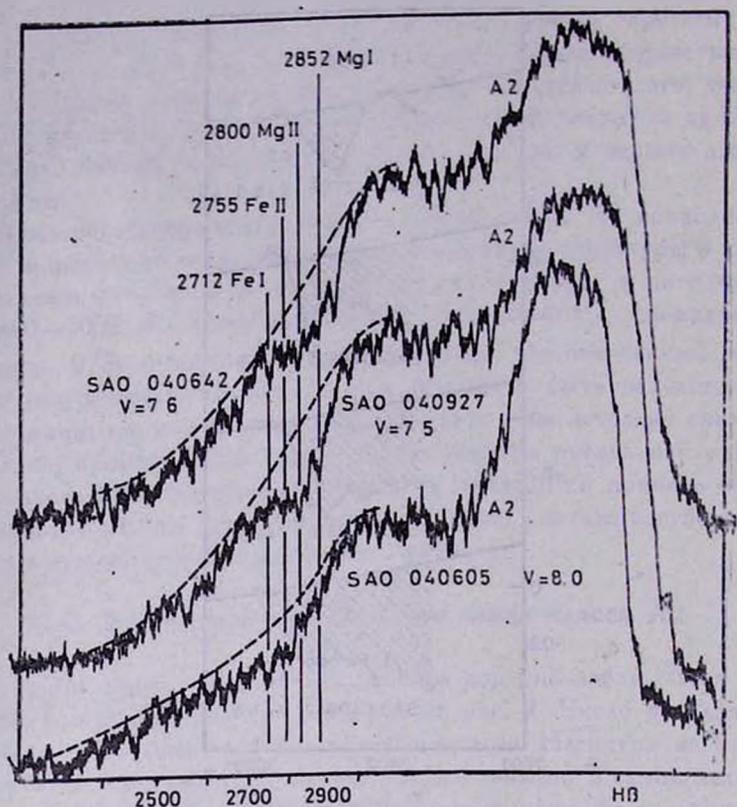


Рис. 5. Микрофотометрические записи коротковолновых спектральных снимков звезд SAO 040605, 040642 и 040927.

и ионизованным металлам. Насколько нам известно, первое экспериментальное доказательство существования этого эффекта было дано Андерхилл [3] на основе наблюдательного материала OAO-2. Однако в ее оригинальной работе рассматриваются по сути дела по одной звезде данного спектрального подкласса. И хотя при этом она была в состоянии подметить определенный ход в изменениях основных параметров депрессии — ее мощности и длины волны максимальной глубины — при переходе от звезд ранних подклассов В до А6, однако в силу малочисленности исследованных звезд ничего нельзя было сказать о том, насколько устойчивы значения этих параметров внутри данного спектрального подкласса.

Теперь, на основе анализа наблюдательного материала «Ориона-2», мы приходим к выводу, что по крайней мере в случае звезд классов А0 и А2 основные параметры депрессии далеко не постоянны и могут меняться внутри данного подкласса в значительных пределах. Заметим, кстати, что к такому выводу приходит также Дж. Б. Оганесян [2] на основе анализа коротковолновых спектров звезд разных подклассов А, рассеянных в дру-

гой области неба — вокруг Капеллы. Учитывая сравнительно невысокое спектральное разрешение спектральных снимков «Ориона-2», такой вывод приходится принимать с некоторой оговоркой, имея в виду необходимость его проверки в будущем.

Однако в случае, если сделанный вывод все-таки получит в дальнейшем свое подтверждение, встанет вопрос: а чем вызван сам разброс параметров депрессии или неодинаковость ее макроструктуры у этих звезд?

Мы далеки от мысли предпринять здесь поиск причин подобной аномальности, а тем более вдаваться в тонкости физических явлений, возможных или невозможных, в той или иной степени имеющих отношение к ней. Мы ограничимся лишь перечислением тех факторов, учет которых, как нам кажется, может пролить свет на обсуждаемую проблему.

а) *Эффект абсолютной светимости.* Как было указано выше, абсолютные светимости (класс светимости) рассмотренных нами звезд класса A0—A2 (табл. 1) неизвестны. Поэтому в принципе нельзя исключить возможность того, чтобы макроструктура депрессий непрерывных спектров у звезд разных классов светимости оказалась разная. Правда, имеется указание на то, что по распределению энергии в непрерывном спектре звезды в интервале длин волн 2000—3000 Å нельзя отличить класс светимости I от класса светимости V [4] и что класс светимости становится ощутимым на общей картине непрерывного спектра лишь в области длин волн короче 2000 Å и до 1000 Å [5]. Однако никем еще не доказано, что класс светимости не должен влиять на макроструктуру депрессий непрерывных спектров.

б) *Влияние околзвездного облака.* В литературе часто дискутируется вопрос о возможности существования околзвездного облака и его влиянии на спектр центральной звезды. Более того, признаки существования такого облака вокруг некоторых горячих звезд (например, вокруг γ Cas) отмечены Г. А. Гурзадяном [6] опять-таки на основании наблюдательного материала «Ориона-2». Поэтому представляет интерес, в какой мере околзвездное облако может внести свою «коррективу» или на весь спектр звезды, или на его отдельные участки.

б) *Химический состав звезды.* Объяснить разброс в макроструктуре депрессий непрерывных спектров неодинаковостью химического состава или относительного содержания элементов в фотосферах звезд одного и того же спектрального подкласса является наиболее тривиальным выходом из положения. Однако и на этот счет мы в настоящее время не располагаем достаточными данными.

А0—А2 ԴԱՍԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ԱՆՇՆԴՀԱՏ ՄՊԵԿՏՐՆԵՐԻ
ՄԻԿՐՈԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

«Օրին—2»-ի տվյալների օգնությամբ վերլուծված են 10 А0 և չորս А2 դասի աստղերի անընդհատ սպեկտրների դեպրեսիաների մակրոկառուցվածքները ուլտրամանուշակագույն տիրույթում: Ցույց է արված, որ 2400—3000 А ալիքային երկարության տիրույթում անընդհատ սպեկտրներէ մակրոկառուցվածքը միևնույն ենթադասի աստղերի մոտ հաստատուն չէ և տատանվում է զգալի սահմաններում մեկ աստղից մյուսին անցնելիս: Դա նշանակում է, որ անընդհատ սպեկտրում կլանման գծերի վերադրման էֆեկտը ինչ-որ պատճառներով հանդես չի գալիս միևնույն շափով նույն ասպեկտրալ ենթադասի տարբեր ներկայացուցիչների մոտ:

A. S. AKOPYAN

MACROSTRUCTURE OF CONTINUOUS SPECTRA IN THE
ULTRAVIOLET OF A0—A2 TYPE STARS

S u m m a r y

The macrostructures of the depressions in the ultraviolet continuous spectra for 10 A0 class and 4 A2 class stars are analyzed. It is shown that the macrostructure of continuous spectra in the wavelength region 2400—3000 Å for the same subclasse stars is not stable and may changes in appreciable limits at passing from one star to another. This means that the blocking effect of the continuous spectra by absorption lines is not displaying in the same degree in different stars of the same spectral subclass.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mihalas D. Ap. J., Suppl. 9, 22, 321, 1965.*
2. *Օլանեսյան Ժ. Բ. Сообщ. Бюраканской обс., 48, 68, 1976.*
3. *Underhill A. B. The Scientific Results from the OAO—2 (NASA Sp—310), p. 367, 1972.*
4. *Գურադյան Գ. Ա., Օլանեսյան Բ. Մ. Աստրոֆիզիկա, 11, 397, 1975.*
5. *Humphries C. M., Nandy K., Kintzas E. Ap. J., 195, 111, 1974.*
6. *Գურադյան Գ. Ա. Proc. III Conference IAU Tbilisi, 1975.*