

УДК 523.774

Тонкая структура фраунгоферовых линий в спектре Солнца как звезды. I

А. С. Гадун, Р. И. Костык

В спектре Солнца как звезды фраунгоферовы линии обнаруживают асимметрию, похожую на асимметрию в спектре центра солнечного диска. Наиболее сильно она изменяется при переходе от слабых к сильным линиям и практически не зависит от потенциала возбуждения нижнего уровня, степени ионизации, атомного веса.

THE STRUCTURE OF FRAUNHOFER LINES IN THE SPECTRUM OF THE SUN AS A STAR, by Gadun A. S., Kostyk R. I.— The Fraunhofer lines in the spectrum of integrated sunlight are shown to have asymmetries similar to asymmetry of the spectrum of solar disk centre. It is found that the asymmetry varies with line strength and does not practically depend on the lower level excitation potential, ionization degree and atomic weight.

Создание звездных спектрометров большой разрешающей силы ($\lambda/\Delta\lambda = 200\,000$) позволило обнаружить асимметрию линий поглощения в спектрах звезд, аналогичную наблюдаемой в спектре Солнца. К настоящему времени на асимметрию исследованы линии поглощения нескольких десятков звезд различных спектральных классов. Обзор публикаций по этому вопросу выполнен Греем [6], Дравинсом и Линдом [4]. Усредненные по нескольким линиям биссекторы линий поглощения в спектре звезд главной последовательности приведены на рис. 1, который мы составили по данным работ [4] (А-, F-, G-, K-звезды), [8] (В-звезда). Хотя использовались линии разных химических элементов (Fe, Si, V, Sc) и различное спектральное разрешение (50 000—200 000),

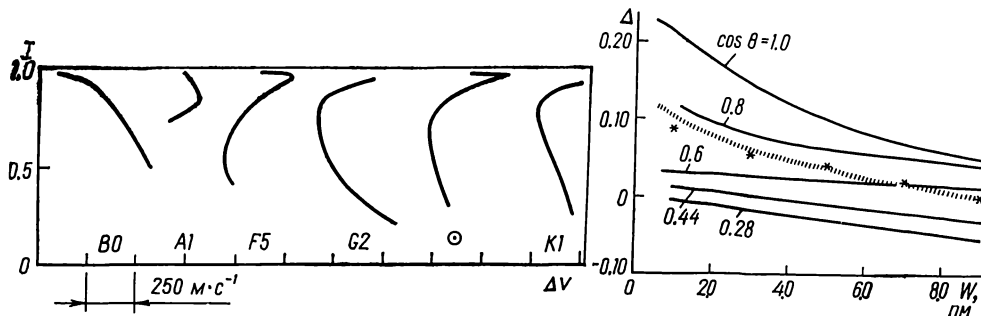


Рис. 1. Биссекторы линий поглощения в спектре звезд главной последовательности.

Рис. 2. Зависимость коэффициента асимметрии от эквивалентной ширины линии: — на разных расстояниях от центра Солнца; ||||| — в спектре Солнца как звезды (наблюдаемые); * — в спектре Солнца как звезды (вычисленные по данным наблюдений центр-край с учетом потемнения).

представляет интерес сравнить результаты. Обращает на себя внимание, что биссекторы линий в спектре F-, G-, K-звезд мало отличаются между собой и очень похожи на те, которые имеют место в спектре Солнца как звезды. Этот наблюдательный факт не согласуется с выводами теории длины перемешивания, которая предсказывает усиление конвективных движений и температурных флуктуаций в звездах

поздних спектральных классов. Поведение биссектора в спектре В- и А-звезд резко отличается от солнечного: у В-звезд характерная С-форма биссектора отсутствует, а у звезды класса А он имеет противоположный ход. Однако эти результаты следует рассматривать лишь

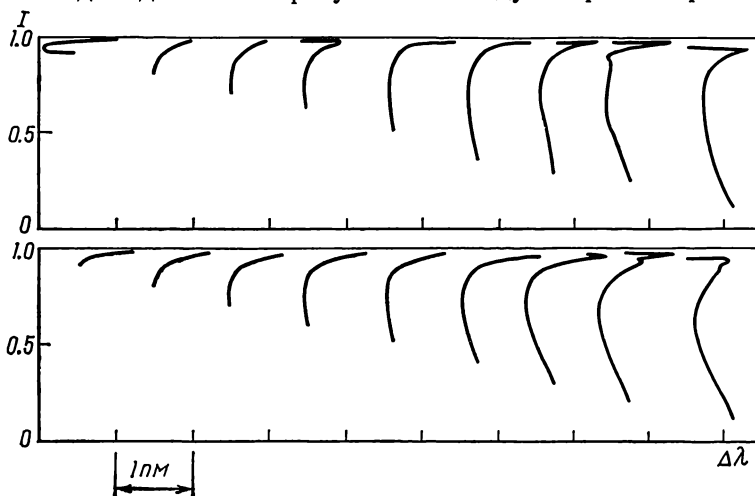


Рис. 3. Биссекторы фраунгоферовых линий в интегральном спектре (вверху) и в спектре центра солнечного диска. Данные усреднены в узких диапазонах центральных глубин.

как предварительные, поскольку они получены по единичным звездам. Интерпретация тонкой структуры линий поглощения в спектрах звезд сильно затруднена, поскольку отсутствуют данные об абсолютных смещениях длин волн спектральных линий.

Линии, отобранные для исследования тонкой структуры

λ, нм	Элемент	λ, нм	Элемент	λ, нм	Элемент
444.3812	Ti II	537.9518	Fe I	633.0852	Fe I
448.4227	Fe I	538.6340	Fe I	636.9463	Fe II
455.5492	Ti I	539.2330	Ni I	637.8256	Ni I
462.6182	Cr I	542.5259	Fe II	639.2538	Fe I
475.6117	Cr I	543.4534	Fe I	643.0856	Fe I
480.1031	Cr I	543.6302	Fe I	659.1326	Fe I
496.2576	Fe I	550.3904	Ti I	659.3884	Fe I
499.3352	Fe II	552.2454	Fe I	660.8044	Fe I
499.4138	Fe I	556.0220	Fe I	662.7560	Fe I
501.0943	Ni I	557.6099	Fe I	664.3638	Ni I
513.6800	Fe II	564.3087	Ni I	672.5364	Fe I
515.7984	Ni I	564.6689	Fe I	672.6673	Fe I
519.7170	Ni I	565.1447	Fe I	675.0164	Fe I
522.3190	Fe I	566.1354	Fe I	676.7784	Ni I
523.4630	Fe II	566.2524	Fe I	677.2321	Ni I
524.7058	Fe I	567.9032	Fe I	678.6860	Fe I
524.7574	Cr I	573.1772	Fe I	680.6856	Fe I
526.4808	Fe II	574.1856	Fe I	682.0374	Fe I
528.7183	Cr I	577.8463	Fe I	685.5723	Fe I
529.5321	Fe I	578.3073	Cr I	617.6816	Ni I
529.6702	Cr I	580.5226	Ni I	617.7253	Ni I
529.9984	Ti I	581.1919	Fe I	618.6717	Ni I
530.0751	Cr I	581.4815	Fe I	620.4610	Ni I
530.5866	Cr II	592.2123	Ti I	621.3437	Fe I
531.0697	Cr II	606.5494	Fe I	624.6327	Fe I
531.8776	Cr I	608.6288	Ni I	625.2565	Fe I
532.0040	Fe I	609.3649	Fe I	625.8110	Ti I
532.6823	Fe I	612.6224	Ti I	631.5814	Fe I
536.7476	Fe I	614.9249	Fe II	633.0096	Cr I
537.6836	Fe I	616.5363	Fe I		

Цель настоящей работы — исследовать тонкую структуру линий поглощения в спектре Солнца как звезды (в дальнейшем будем его называть интегральным) и провести сравнение с аналогичными данными для центра солнечного диска. До настоящего времени такие исследования проводились лишь Дравинсом и др. [5] и только для линий железа. Наблюдательный материал авторы взяли из [2, 3, 7].

Отобраны 89 неблендированных линий железа, титана, хрома и никеля, поскольку они наиболее многочисленны в спектре Солнца, практически свободны от изотопической и сверхтонкой структуры, что особенно важно при изучении асимметрии. Данные о линиях приведены в таблице.

Для каждой спектральной линии строится биссектор — геометрическое место середин хорд, соединяющих точки контура с одинаковой ин-

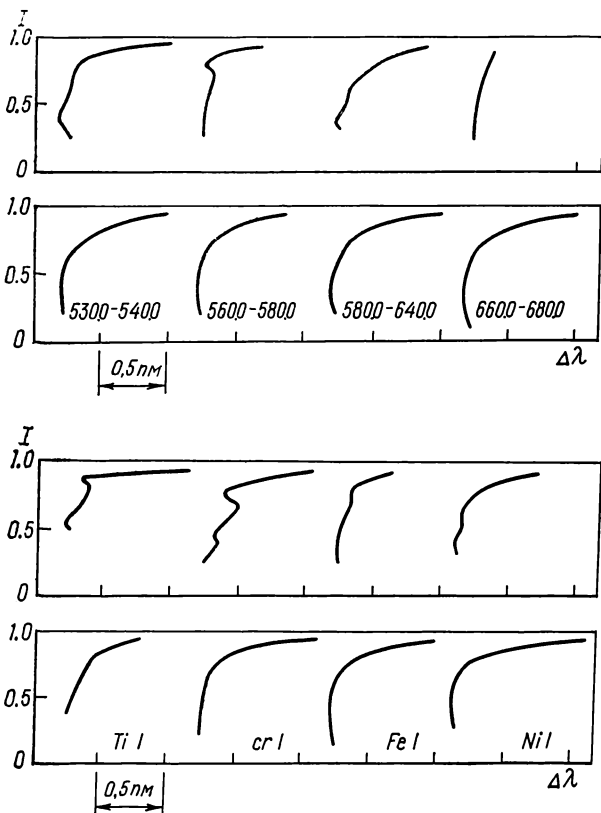


Рис. 4. Биссекторы умеренных фраунгоферовых линий в интегральном спектре и спектре центра солнечного диска для разных участков длин волн (вверху), а также для разных химических элементов (внизу).

тенсивностью, т. е. линия, разделяющая контур на две половины с равными эквивалентными ширинами, а также вычислялся коэффициент асимметрии — третий момент функции распределения

$$\Delta = \mu_3 \mu_2^{-3/2}, \text{ где } \mu_i = \int_{\lambda} (\lambda - \lambda_i^i) (1 - r_{\lambda}) d\lambda / \int_{\lambda} (1 - r_{\lambda}) d\lambda,$$

$$\lambda_c = \left(\int_{\lambda} (1 - r_{\lambda}) d\lambda \right)^{-1} \int_{\lambda} \lambda (1 - r_{\lambda}) d\lambda,$$

r_{λ} — остаточная интенсивность.

Зависимость коэффициента асимметрии Δ от эквивалентной ширины линии W в интегральном спектре показана на рис. 2. Чтобы избежать искажающего влияния слабых бленд в далеких крыльях, коэффициент асимметрии мы вычисляли лишь до уровня 93 % от глубины линии. На этом же рисунке аналогичная зависимость $\Delta(W)$ приведена и для диска Солнца на разных расстояниях от его центра. Последние результаты взяты из работы [7] по данным наблюдений на монохроматоре двойной дифракции ГАО АН УССР (Голосеево). Отметим, что в интегральном спектре коэффициент асимметрии всех линий меньше величины Δ линий в спектре центра солнечного диска и близок к Δ при $\cos \theta = 0.8$ и $\cos \theta = 0.6$. На этом же рисунке нанесены значения коэффициента асимметрии линий в интегральном спектре, вычисленные

по данным наблюдений центр-край с учетом потемнения. Хорошее согласие вычисленных Δ с наблюдаемыми в интегральном спектре говорит о высоком качестве наблюдательного материала, полученного как в Голосееве, так и на обсерватории Сакраменто-Пик [2, 3].

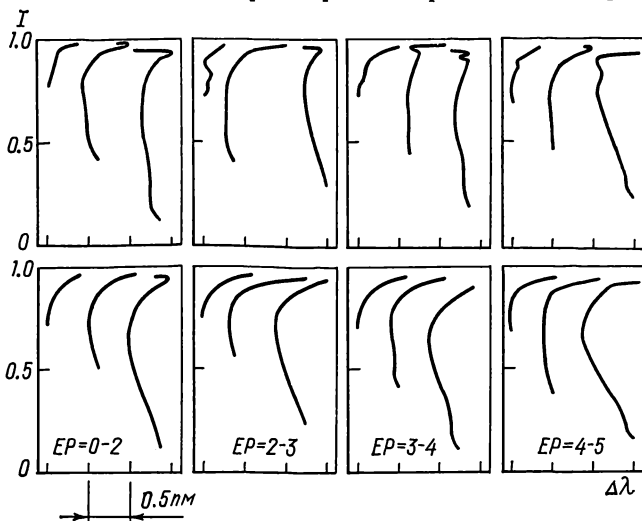
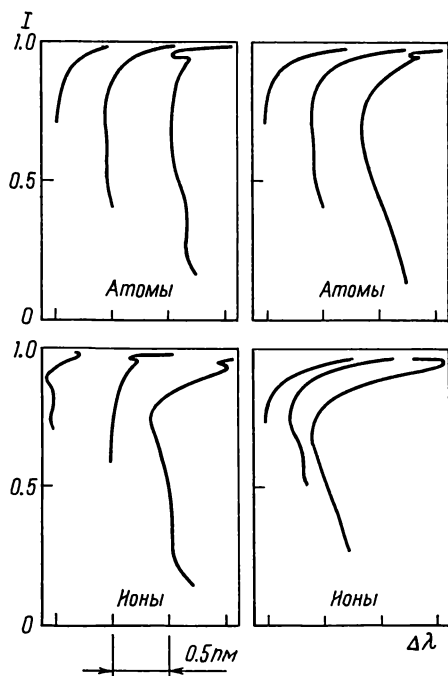


Рис. 5. Бисекторы слабых, умеренных и сильных фраунгоферовых линий в интегральном спектре (вверху) и в спектре центра солнечного диска для разных диапазонов потенциала возбуждения (EP , эВ) нижнего уровня (внизу).

Усредненные в узких диапазонах центральных глубин бисекторы линий в интегральном спектре и в спектре центра солнечного диска приведены на рис. 3. Они мало отличаются друг от друга, но существенно меняются при переходе от слабых к сильным линиям, что отмечалось и в работе [5]. Укажем только на менее выраженный С-образный характер бисекторов умеренных и сильных линий в интегральном спектре по сравнению со спектром центра диска Солнца.

Так же как и в спектре центра солнечного диска бисекторы в интегральном спектре почти не зависят от атомного веса (рис. 4, внизу), потенциала возбуждения нижнего уровня (рис. 5), степени ионизации (рис. 6). Наблюдается лишь уменьшение асимметрии с ростом длины волны (рис. 4, вверху) в интегральном спектре.

Рис. 6. Бисекторы слабых, умеренных и сильных фраунгоферовых линий в интегральном спектре (слева) и в спектре центра солнечного диска (справа) для нейтральных (вверху) и ионизованных (внизу) атомов.



Таким образом в интегральном спектре линии обнаруживают асимметрию, похожую на асимметрию в спектре центра солнечного диска. Наиболее сильно она изменяется при переходе от слабых к сильным линиям и почти не зависит от атомных параметров.

Отметим, что основной причиной, которая приводит к асимметрии спектральных линий, большинство исследователей считает высокую (до 100 %) корреляцию между направлением движения вещества и его яркостью, т. е. подъем горячего и опускание холодного газа. Обзор этих работ приведен в [5]. Однако В. Н. Карпинский [1] по данным прямых наблюдений, полученных с большим пространственным разрешением, пришел к выводу, что излучательные способности и лучевые скорости практически не коррелированы по всей нижней фотосфере.

Интерпретации тонкой структуры фраунгоферовых линий в спектре Солнца как звезды будет посвящена одна из последующих работ этой серии.

1. *Карпинский В. Н.* Отсутствие корреляции между яркостью и лучевой скоростью в тонкой структуре нижней фотосферы солнца.— Письма в Астрон. журн., 1979, 5, № 10, с. 552—556.
2. *Beckers J. M., Bridges C. A., Gilliam L. B.* A high resolution spectral atlas of the solar irradiance from 380 to 700 nanometers.— Sunspot: Sacramento Peak Nat. Observ., 1976.— 175 p.
3. *Delbouille L., Neven L., Roland C.* Photometric atlas of the solar spectrum from λ 3000 to λ 10000.— Liege, 1973.
4. *Dravins D., Lind J.* Observations of stellar granulations.— Invited paper presented at the meeting «Small scale dynamical processes in quiet stellar atmospheres». Sunspot: Sacramento Peak Nat. Observ., 1983.
5. *Dravins D., Lindegren L., Nordlund A.* Solar granulation: influence of convection on spectral line asymmetries and wavelength shifts.— Astron. and Astrophys., 1981, 96, N 1/2, p. 345—365.
6. *Gray D. F.* Observations of spectral line asymmetries and convective velocities in F, G and K stars.— Astrophys. J., 1982, 255, N 1, p. 200—209.
7. *Kostik R. I., Orlova T. V.* On the asymmetry of selected Fraunhofer lines. V.— Solar Phys., 1977, 53, N 2, p. 353—358.
8. *Smith M. A., Karp A. H.* Photospheric velocity field in Tau Scorpii.— Astrophys. J., 1978, 219, N2, p. 522—533.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 24.09.84,
после доработки 01.11.84

РЕФЕРАТ ДЕПОНИРОВАННОЙ РУКОПИСИ

УДК 524.354

ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ АМ ГЕРКУЛЕСА / Андронов И. Л., Васильева С. В., Цесевич В. П.

(Рукопись деп. в УкрНИИНТИ; № 1234 Ук-84 Деп.)

Приведено около 1200 однородных фотографических наблюдений прототипа класса полярнов АМ Геркулеса в желтых лучах, полученных, в основном, в 1978—1979 гг. Обсуждаются орбитальные кривые блеска, которые существенно меняются не только от ночи к ночи, но и от цикла к циклу. Обнаруженный рядом авторов в 1976 г. вторичный минимум блеска, на который приходится рентгеновское затмение, наблюдался крайне нерегулярно на индивидуальных кривых, а на среднесезонных отсутствовал вообще. Фотометрический период меняется с циклом 1100 суток, что интерпретируется автоколебаниями ориентации магнитной оси белого карлика.