

УДК.524.31.02-36

Содержание марганца в звездах толстого и тонкого дисков

Т.И. Горбанева, Т.В. Мишенина, Л.Ф. Орлова

Астрономическая обсерватория Одесского национального университета имени И.И. Мечникова, Парк Т. Шевченко, Одесса, Украина
clumpstars@rambler.ru, tmishenina@ukr.net

Поступила в редакцию 26 ноября 2012 г.

Аннотация. В атмосферах 50 F-, G-, K- карликов, принадлежащих тонкому и толстому дискам Галактики ($-1.0 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.2$), определено содержание марганца. Наблюдения получены на эшелле-спектрометрах ELODIE и SOPHIE, установленных на 1.93-м телескопе обсерватории Верхнего Прованса, с разрешением $R = 42000$ и $R = 75000$, соответственно. Определение содержания Mn выполнено в ЛТР-приближении с использованием синтетического спектра с учетом сверхтонкой структуры. Проанализировано поведение содержания исследуемого элемента с металличностью $[\text{Fe}/\text{H}]$ в звездах тонкого и толстого дисков Галактики.

MANGANESE ABUNDANCES IN STARS OF GALACTIC THIN AND THICK DISK, *by T.I. Gorbaneva, T.V. Mishenina, L.F. Orlova.* The Mn abundances in the atmospheres of 50 F-, G-, K-dwarfs ($-1.0 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0.3$) belonging to the Galactic thin, thick disks were determined. Our observations were performed with the ELODIE and SOPHIE echelle spectrometer at the 1.93-m telescope of the Haute Provence Observatory, with resolving power of $R = 42000$ и $R = 75000$, respectively. The determination of Mn abundances was carried with assumption of LTE using the synthetic spectrum approach with detailed consideration of superfine structure. The behaviour of Mn abundances with $[\text{Fe}/\text{H}]$ in these galactic substructures is considered.

Ключевые слова: звезды, толстый и тонкий диски Галактики, химический состав

1 Введение

Марганец – типичный элемент группы железа. Открытым остается вопрос об основных источниках производства марганца и различия их вкладов в его содержание – речь идет о сверхновых SNeII или SNeIa. Валерстейн (1962) первый отметил, что содержание Mn относительно Fe показывает дефицит в звездах бедных металлами в отличие от других элементов железного пика. Позднее Граттон (1989) показал, что поведение содержания марганца обратно поведению α -элементов, содержание которых увеличивается с понижением металличности. Мы рассматриваем содержание Mn в звездах толстого и тонкого дисков. Эта работа – продолжение ряда наших работ по исследованию химической и динамической эволюции галактического диска.

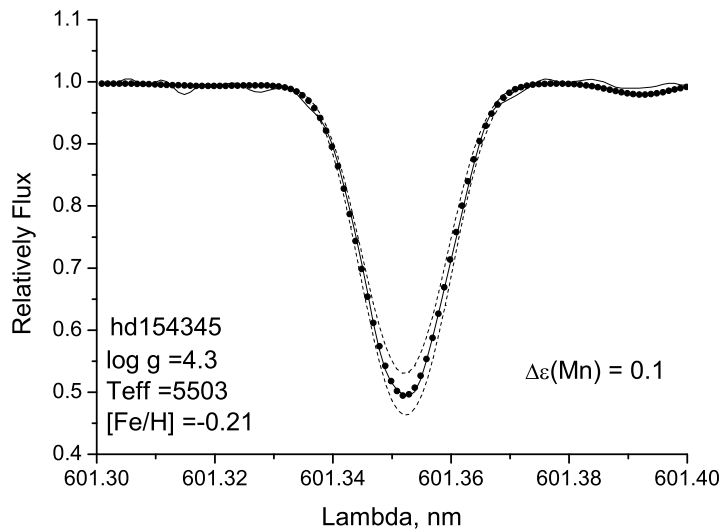


Рис. 1. Описание наблюдаемого спектра синтетическим спектром в области линии Mn 601.3 nm

2 Наблюдательный материал

Спектры исследуемых звезд получены на 1.93-м телескопе обсерватории Верхнего Прованса (Франция), оснащенный эшелле-спектрографом SOPHIE (разрешающая способность $R = 75\,000$) и ELODIE ($R = 42\,000$) в диапазоне длин волн 440.0–680.0 nm, S/N – порядка 100–300. Инструмент оснащен комплексом первичной обработки изображений, позволяющим непосредственно после экспозиции объекта получить его спектр в цифровом виде и лучевые скорости V_r (Кац и др., 1998). Дальнейшая обработка исследуемых спектров (проведение уровня непрерывного спектра, построение дисперсионной кривой и пр.) была выполнена нами при помощи пакета программ DECH20 (Галазутдинов, 1992). При выборе звезд мы использовали кинематические критерии, базирующиеся на вероятности принадлежности каждой звезды тонкому и толстому диску (Субиран и Жирард, 2005). Эффективная температура T_{eff} , ускорение силы тяжести $\log g$, микротурбулентная скорость V_t и металличность $[Fe/H]$ определены нами ранее и подробно описаны в работах (Мишенина и др., 2004 ; Субиран и Жирард, 2005).

3 Содержание марганца

Определение содержания марганца выполнено методом синтетического спектра в области линий Mn по новой версии программы Цымбала STARSF LTE (Цымбал, 1996), используя модели Куруца (Куруц, 1993) и атомные данные VALD (Купка и др., 1999) с учетом сверхтонкой структуры (Прочаска и др., 2000). Пример расчета синтетического спектра показан на рис. 1.

Для 16 линий мы рассчитали содержание марганца в атмосфере Солнца, а также нескольких звезд, используя спектры, полученные на обоих спектрографах. В результате проделанного анализа было оставлено 4 линии – 478.3, 482.3, 601.3 и 602.1 nm. Содержание, полученное по каждой линии, было соотнесено к солнечному содержанию для той же линии. Как пример приводим часть таблицы

Таблица 1. Содержание марганца для каждой линии

HD	$\varepsilon(478.3\text{nm})$	$\varepsilon(482.3\text{nm})$	$\varepsilon(601.3\text{nm})$	$\varepsilon(602.1\text{nm})$	[Fe/H]	[Mn/Fe]	
Sun	5.30	5.33	5.18	5.18			Sophie
Sun	5.40	5.42	5.25	5.25			Elodie
245	4.44	4.45	4.25	4.20	-0.84	-0.16	Elodie
3765	5.35	5.35	5.20	5.20	0.01	0.02	Sophie
5351	4.95	4.95	4.85	4.85	-0.21	-0.14	Sophie
....							
....							

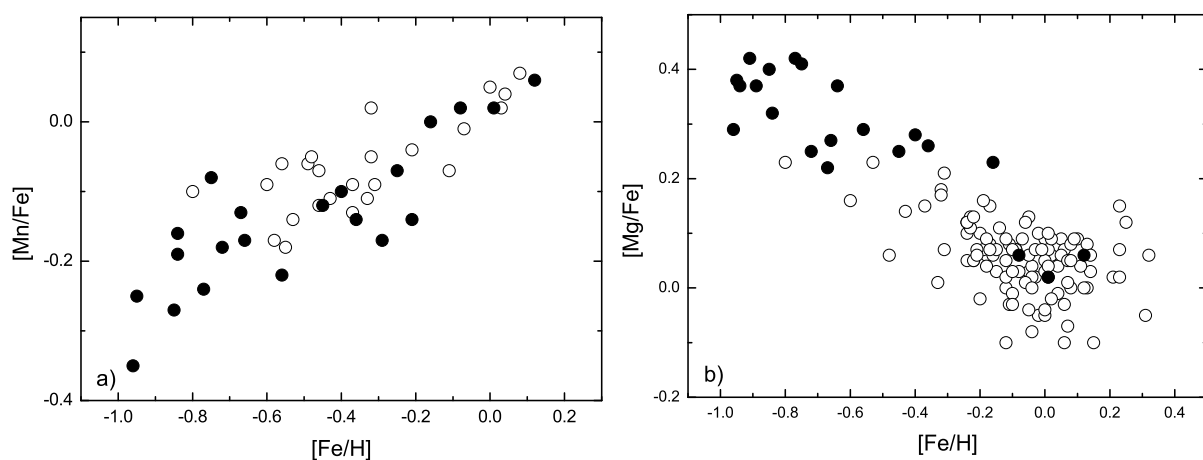


Рис. 2. а) Содержание марганца и б) содержание магния как функции металличности для карликов толстого (темные кружки), тонкого (светлые кружки) дисков

с результатами (табл. 1), где также приведены металличность звезд и среднее содержание [Mn/Fe] для всех линий.

Возможные отклонения от ЛТР. Различия в содержании, определенном по парам линий с различающимися потенциалами нижнего уровня 478.3, 482.3 нм ($E_{low} = 2.3$ эВ) и 601.3, 602.1 нм ($E_{low} = 3.07$ эВ), могут свидетельствовать о влиянии отклонений от ЛТР. Однако среднее расхождение между результатами, полученными по этим двум группам линий, равно -0.017 ± 0.03 – оно незначительно и лежит в пределах ошибок определений. Также не наблюдаются зависимости содержания от T_{eff} , $\log g$ и [Fe/H].

На рис. 2(а) представлен тренд [Mn/Fe] от [Fe/H] – круто возрастающая с увеличением металличности зависимость. Для сравнения мы приводим такую же зависимость для Mg (α -элемента (рис. 2(б)). Результаты взяты из нашей ранее опубликованной работы (Мишенина и др., 2004). Как видим, зависимости содержаний марганца и магния заметно отличаются.

Выводы

При рассматриваемых нами металличностях содержания марганца в толстом и тонком дисках не отличаются. Это согласуется с результатами, полученными Редди и др. (2006) и Ниссен и Шустер

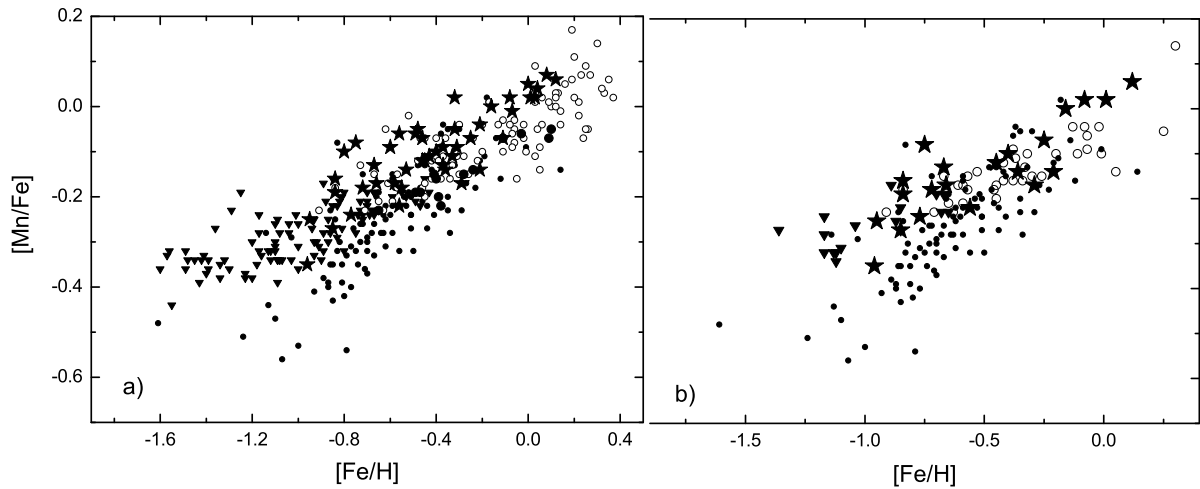


Рис. 3. а) Сравнение отношений $[Mn/Fe]$ к $[Fe/H]$, полученных другими авторами. Обозначения: Редди и др. (2006) – черные кружки, Ниссен (2011) – треугольники, Фельцинг и др. (2007) – полые кружки и эта работа – звезды; б) то же, для звезд толстого диска

(2011). Фельцинг и др. (2007) получили отличие в ходе $[Mn/Fe]$ от $[Fe/H]$ для звезд толстого и тонкого дисков. Мы сравнили полученные нами содержания марганца с результатами других авторов (рис. 3). Как видим, наши результаты, как и результаты других авторов, расходятся с результатами Редди и др. (2006). Что является причиной расхождения? Так же как и мы, все авторы не учитывали в своих определениях содержания Mn отклонения от ЛТР. Возможно, проблема в выборе линий или в правильном учете сверхтонкой структуры линий? Чтобы ответить на эти и другие вопросы необходимы дальнейшие исследования.

Работа выполнена частично при поддержке Швейцарского национального научного фонда, проект SCOPES No. IZ73Z0-128180/1. В работе использованы данные из баз SIMBAD и SAO/NASA ADS.

Литература

- Валерстейн (Wallerstein G.) // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1962. V. 6. P. 407.
 Галазутдинов (Galazutdinov G.A.) // Preprint SAO RAS. 1992. № 92.
 Граттон (Gratton R.G.) // *Astron. Astrophys.* 1989. V. 208. P. 171.
 Кац и др. (Katz D., Soubiran C., Cayrel R., et al.) // *Astron. Astrophys.* 1998. V. 338. P. 151.
 Купка и др. (Купка F., Piskunov N.E., Ryabchikova T.A., et al.) // *Astron. Astrophys.* 1999. V. 138. P. 119.
 Куруц (Kurucz R.L.) // CD ROM. 1993. № 13.
 Мишенина и др. (Mishenina T.V., Soubiran C., Kovtyukh V.V., Korotin S.A.) // *Astron. Astrophys.* 2004. V. 418. P. 551.
 Ниссен и Шустер (Nissen P.E. and Schuster W.J.) // *Astron. Astrophys.* 2011. V. 530. P. 18.
 Прочаска (Prochaska J.X., Naumov S.O., Carney B.W., McWilliam A., Wolfe A.M.) // *Astron. J.* 2000. V. 120. P. 2513.
 Редди и др. (Reddy B.E., Lambert D.L., Allende Prieto C.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2006. V. 367. P. 1329.

Субиран и Жирард (Soubiran C., Girard F.) // *Astron. Astrophys.* 2005. V. 438. P. 139.

Фельцинг и др. (Feltzing S., Fohlman M., Bensby T.) // *Astron. Astrophys.* 2007. V. 467. P. 665.

Цымбал (Tsymbal V.V.) // *Model Atmospheres and Spectrum Synthesis. ASP Conference Series.* / Eds Adelman S.J., Kupka F., Weiss W.W. 1996. V. 108. P. 198.