

УДК 524.31

Л. Н. КНЯЗЕВА

ПОИСК ЗВЕЗД, НАИБОЛЕЕ БЛИЗКИХ К СОЛНЦУ, ПО ИХ ФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ В ОТКРЫТЫХ СКОПЛЕНИЯХ: ПЛЕЯДЫ

В молодом открытом скоплении Плеяды выполнен поиск звезд близких к Солнцу по своим физическим параметрам. Выбор сделан на основании их показателей цвета, положения на диаграмме цвет-величина, спектральной классификации, эффективной температуры и уровня активности.

Сравнение физических параметров звезд, похожих на Солнце, но разного возраста могут быть полезны для изучения истории эволюции Солнца. Выбор таких объектов среди звезд поля затруднителен из-за низкой точности определения возраста индивидуальных звезд. Более полезными для этой цели могут оказаться звезды открытых скоплений разного возраста, так как члены скопления имеют один и тот же возраст и подобный химический состав. Члены скопления, как полагают, сформированы при одинаковых начальных условиях, поэтому любые различия, которые мы наблюдаем среди звезд скопления, могут быть обусловлены исключительно различием их массы.

В работе [1] мы рассматривали открытое скопление солнечного возраста M67, а в данной работе обращаемся к близкому молодому открытому скоплению - Плеяды. Это одно из наиболее хорошо изученных скоплений, расположено в созвездии Тельца, которое содержит приблизительно 600 звезд разных спектральных классов, классифицированных как определенные или вероятные его члены. Возраст скопления оценивается примерно в 100 миллионов лет.

Оценка расстояния до Плеяд до сих пор представляет проблему из-за несоответствия между значением, основанным на параллаксах из Hipparcos (118 ± 4 pc) и значением, основанным на методе подгонки к главной последовательности (133.5 ± 1.2 pc). Астрометрия на HST (Хаббл) приводит к абсолютному тригонометрическому параллаксу для трех членов Плеяд, $\pi_{abs} = 7.43 \pm 0.17$ mas, что соответствует расстоянию 133.5 ± 1.2 pc. И до тех пор, пока наблюдения существенно лучшей точности не будут выполнены с миссиями типа SIM или GAIA, это значение считается принятым расстоянием до Плеяд [2-4].

Среднее обилие металлов из спектроскопии высокого разрешения, полученное в [5] для не-

скольких F-G звезд Плеяд, близко к солнечному ([Fe/H]=-0.034), хотя некоторые исследователи, пытаясь решить проблему расстояния до Плеяд, дают более низкие значения (-0.11).

Среднее значение межзвездного покраснения в направлении Плеяд $E(B-V)$ принимается равным 0.04 [6]. Скопление расположено в области облаков пыли и газа, которые вызывают дифференциальное покраснение для звезд в разных частях скопления. Наиболее сильное поглощение наблюдается в юго-западной части скопления, где ISM облако имеет самую высокую плотность [7].

На первом этапе мы выбираем звезды скопления, лежащие на главной последовательности диаграммы цвет-величина. Для построения этой диаграммы использовались фотометрические данные в системе UBV, полученные в [8], где представлены наблюдения наибольшего числа звезд из Плеяд. Сравнение этих данных с результатами других исследователей для общих звезд не показывает расхождений, превышающих точность фотоэлектрических измерений (0.01-0.02 mag). На основании обширных изучений световых скоростей и собственных движений этих звезд [9] все они являются членами скопления с очень высокой вероятностью. Звезды расположены в области свободной от межзвездной пыли, поэтому наблюденные значения показателей цвета $B-V$ звезд Плеяд исправлялись за покраснение со средним значением $E(B-V)=0.04$.

На рисунке 1 приведена диаграмма цвет-звездная величина для Плеяд.

На этой диаграмме выбраны 9 звезд, имеющих нормальные показатели цвета $(B-V)_0$ в интервале 0.63-0.68, которые в настоящее время не входят в список переменных и не являются уверенными членами двойных систем. Две звезды заподозрены как члены двойной системы, но мы оставляем их в списке. Для выбранных звезд мы вычислили эффективные температуры, используя

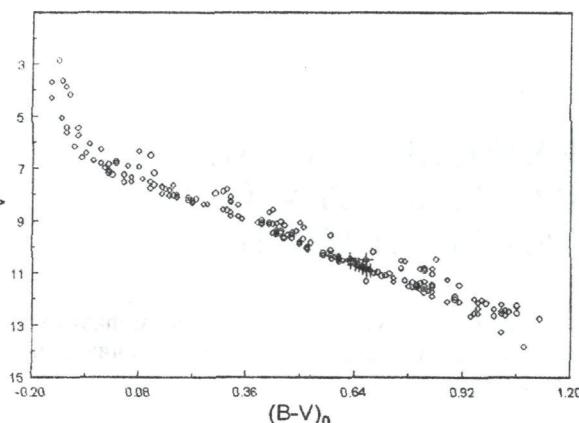


Рис. 1. Диаграмма цвет-величина для Плеяд.
Знаком + отмечены выбранные звезды

зая соотношение между эффективной температурой и показателем цвета $(B-V)_0$ из [10]:

$$T_{\text{эфф}} = 1808(B-V)_0^2 - 6103(B-V)_0 + 8899$$

В литературных источниках и базах данных мы искали для этих звезд параметры, которые могут изменяться со временем, такие как обилие лития, скорость вращения, хромосферная и корональная активность.

Обилие лития $A(\text{Li}) = 12 + \log [\text{N}(\text{Li})/\text{N}(\text{H})]$ для большого числа звезд в Плеядах приведено в [11]. На рисунке 2 представлена зависимость обилия лития от эффективной температуры для звезд главной последовательности, выбранные нами звезды отмечены знаком +. Хорошо заметна тенденция уменьшения обилия лития с уменьшением $T_{\text{эфф}}$. Разброс значений обилия лития для данной температуры, который увеличивается в сторону более холодных звезд и скорее всего, обусловлен:

- Ошибками в измерениях эквивалентной ширины линии лития $\lambda 6707\text{\AA}$, которая используется в анализе обилия. Эта линия слабая и часто блендируется линией Fe I.
- Неуверенным определением эффективных температур звезд
- Ненадежностью моделей атмосфер для звезд поздних подклассов.

Среднее значение обилия лития для выбранных звезд составляет 2.97 и, если считать, что изначальное обилие лития скопления было равно обилию лития в метеоритах солнечной системы ($A(\text{Li}) = 3.2\text{-}3.4$), то литий в этих звездах не претерпел существенного истощения.

Проекции скоростей вращения $v\sin i$ для выбранных звезд взяты из [12]. Почти все звезды имеют значения $v\sin i$, характерные для возраста Плеяд, и только одна звезда имеет значение $v\sin i$ больше 20 км/с.

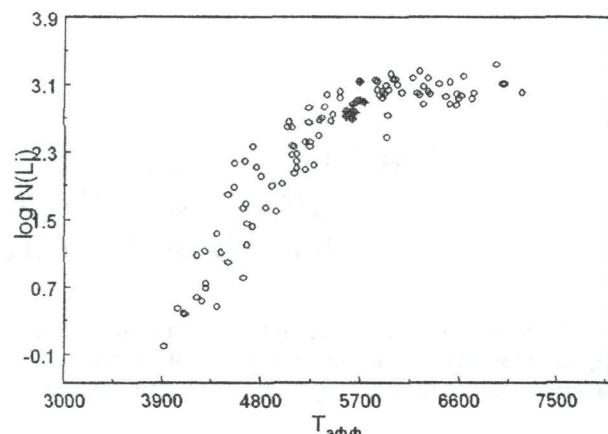


Рисунок 2. Зависимость обилия лития от температуры, крестиками отмечены звезды похожие на Солнце

К сожалению, измерения хромосферной активности выполнены для очень ограниченного числа звезд Плеяд, и в их число не входят выбранные нами звезды.

Наблюдения большое числа звезд солнечно-го типа [$(B-V)_0=0.5\text{-}0.8 \text{ mag}$] в Плеядах (52 звезды) выполнены на Einstein обсерватории [13]. У 21 звезды были обнаружены рентгеновские источники. На рисунке 3 приведена зависимость рентгеновской светимости от показателя цвета, т.е. от температуры. Плюсами отмечены выбранные нами звезды. Три звезды из нашего списка (Hz 152, Hz 253, Hz 250) показывают очень высокий уровень корональной эмиссии.

Вряд ли они являются необнаруженными тесными двойными из-за небольших значений $v\sin i$, скорее всего в момент рентгеновских наблюдений на них были мощные вспышки. По отношению к близким звездам поля и Солнцу звезды Плеяд более мощные излучатели рентгена.

В рамках Spitzer программы “Формирование и эволюция Планетарных Систем” (FEPS) для 20

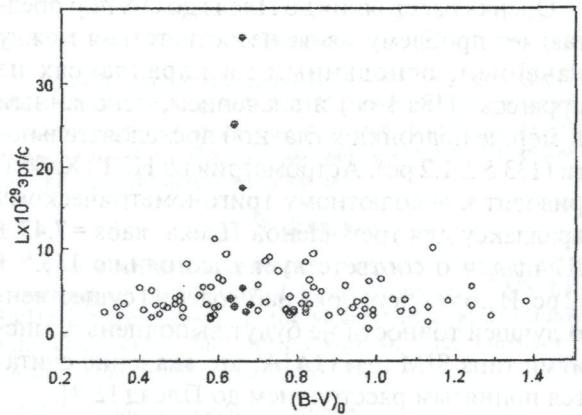


Рис. 3. Зависимость рентгеновской светимости от показателя цвета

Таблица 1. Характеристики выбранных звезд похожих на Солнце

Hz,номер	V	B-V	U-B	(B-V) ₀	A(Li)	Teff, K	v sin i км/с	Lx,эрг/сек
1	2	3	4	5	6	7	8	9
120 SB1?	10.79	0.70	0.19	0.66	2.86	5659	9.4	1.74×10^{30}
152	10.75	0.70	0.17	0.66	2.91	5659	11.1	3.55×10^{30}
250	10.68	0.68	0.14	0.64	2.89	5734	6.9	3.02×10^{29}
253	10.66	0.68	0.14	0.64	3.13	5734	38.2	2.51×10^{30}
293	10.80	0.70	0.16	0.66	2.69	5659	6.6	5.25×10^{29}
514 *	10.69	0.69	0.17	0.65	2.77	5696	-	-
761 SB1?	10.55	0.67	0.17	0.63	2.91	5772	-	3.98×10^{29}
1776	10.91	0.72	0.22	0.68	2.72	5585	10.3	3.24×10^{29}
2341	10.87	0.71	0.24	0.67	2.77	5622	3.4	2.40×10^{29}

членов Плеяд солнечной массы были получены потоки и верхние их пределы в диапазоне длин волн от 3.6 до 70 nm [14,15]. Эти измерения были использованы, чтобы определить фотосферный поток в коротких длинах волн и обнаружить «горячую» пыль, аналогичную внутренней зодиакальной пыли Солнечной Системы; установить ограничения на размеры частиц и минералогию и установить присутствие прохладной пыли вокруг этих звезд, как свидетельство формирования планетных систем.

Из выбранных нами звезд в эту программу были включены: Hz120 Hz152, Hz250, Hz 514. У этих звезд не обнаружено присутствия «горячей» пыли. У Hz 514 предполагается наличие остатков околозвездного пылевого диска, но это не означает, что у остальных звезд его нет, просто Spitzer не способен их обнаружить. Если поместить Солнце и современную пыль солнечной системы на расстоянии Плеяд, избыток потока за счет пыли в 24 и 70 nm , был бы значительно ниже того, что способен обнаружить Spitzer.

В первом столбце приведены номера звезд скопления из [16], 2-ой - 4-ый столбцы – фотометрия из [J-M][8], 5-ый столбец – показатели цвета (B-V), исправленные за межзвездное покраснение, 6-й столбец - обилие лития [10], 7-ой столбец - эффективные температуры, вычисленные в данной работе, 8-й столбец – проекция скорости вращения [12] и 9-й столбец – рентгеновская светимость [13].

Результатом данной работы является список звезд солнечной массы, с их основными физическими параметрами, которые можно в дальнейшем сравнить с подобными характеристиками для звезд из других скоплений разного возраста. Эти звезды могут служить хорошими целями для поиска жизни во Вселенной.

Работа выполнена в рамках проекта ПФИ, шифр Ф-0351.

ЛИТЕРАТУРА

1. Князева Л.Н. Поиск звезд, близких к Солнцу по их физическим параметрам в открытых скоплениях: М67 // Известия НАН РК. Серия физ.-мат. 2007. №4. С.81-83

2. Soderblom D.R. et al. Confirmation of errors in Hipparcos parallaxes from Hubble Space telescope fine guidance sensor astrometry of the Pleiades //AJ. 2005. V.129. P.1616.

3. Hainline L.J., Deliyannis C.P., Margheim S. WIYN Open Cluster Study: On The Hipparcos Pleiades Distance Problem BAAS, 2001, Vol. 33, p.1387

4. Margheim C.P. WIYN Open Cluster Study: On The Hipparcos Pleiades Distance Problem //BAAS. 2001. V. 33, P.1387.

5. Boesgaard A.M., Friel E.D. Chemical composition of open clusters. I. Fe/H from high-resolution spectroscopy //Ap J. 1990. V. 351.P.467.

6. Crawford D.L., Perry C.L. Four-color and H-beta photometry for open clusters. XI - The Pleiades //AJ. 1976.V.81.P.419.

7. Breger M. ApJ.1987.V.319.P.754/

8. Johnson H.L., Mitchell R.I. The color-magnitude diagram of the Pleiades cluster.II //ApJ. 1958. V.128.P.31.

9. Leeuwen F. 1983. The Pleiades, an astrometric and photometric study of an open cluster PhDT.1983.34V.

10. Soderblom D.R., Jones B.F., Balachandran S. The evolution of the lithium abundances of solar-type stars. III - The Pleiades //1993,AJ,106,1059-1079.

11. Sestito P., Randich S. Time scales of Li evolution: a homogeneous analysis of open cluster from ZAMS to late-MS// A&A.2005.442.615.

12. Queloz, D. et.al. The rotational velocity of low-mass stars in the Pleiades cluster A&A,1998,335,183

13. Micena, G., Sciotino S., Vaiana G.S., Harnden F.R., Schmitt J.H.M.M X-ray studies of coeval star samples II. The Pleiades cluster as observed with the Einstein observatory. ApJ, 1990, 348, 557.

14. Stauffer J. R. et al. Spitzer Space Telescope Observations of G Dwarfs in the Pleiades: Circumstellar Debris Disks at 100 Myr Age AJ, 2005. V. 130. P.1834-1844.

15. Gorlova, N. et al. Spitzer 24 μm Survey of Debris Disks in the Pleiades ApJ. V. 649. P.1028

16. Hertzsprung E. Ann.Sterrew. Leiden, 1947, 19,3

Summary

Search of the stars close to the Sun on the physical parameters was executed in a young open cluster Pleiades. The choice of the stars was made on the basis of their color indices, the position on the color-magnitude diagram, the spectral classification, the effective temperature and the level of activity.

Астрофизический институт
им. В.Г. Фесенкова МОН РК

г.Алматы

Поступила 20 апреля 2008г.