

## Звезды U Gem — возможные члены рассеянных звездных скоплений

*М. Попова, З. Крайчева*

Исследование переменных звезд, являющихся членами рассеянных звездных скоплений, дает лучшую возможность выяснить их место в звездной эволюции. Для таких звезд возможно получить оценки их возраста, химического состава, светимости, температуры. Сопоставление сведений о встречаемости переменных звезд разных типов в различных по возрасту скоплениях, изучение их положения на диаграмме Герцшпрунга—Ресселя, дает многое для понимания роли переменности в эволюции звезд и постановки новых расчетов моделей.

В связи с этим в секции астрономии Болгарской академии наук М. Поповой с сотрудниками проводятся исследования наличия переменных звезд различных типов в рассеянных звездных скоплениях.

Цель настоящей работы — анализировать встречаемость звезд типа U Gem в рассеянных скоплениях на основе данных о звездах этого типа, пространственно совпадающих с рассеянными скоплениями и обратить внимание на необходимость проверить их принадлежность к ним. Изучение переменных звезд типа U Gem особенно важно как из-за того, что они из наиболее многочисленных переменных в Галактике (число их в пределах  $10^7$ — $10^8$ , согласно Горбачкову, 1974), так и из-за их возможной генетической связи с новыми и со звездами типа W UMa (Крафт, 1965). В последние годы звезды U Gem являются объектом детальных фотометрических и спектральных исследований. Расширились и углубились также теоретические работы для выяснения физических процессов, происходящих в них, их строения и места в звездной эволюции, их роли в эволюции межзвездной среды.

Есть достаточно оснований считать, что все звезды U Gem являются тесными двойными системами с перетеканием вещества, состоящие из холодного карлика спектрального класса F—K и, предположительно, белого карлика. В значительной степени уточнены параметры этих двойных систем. Считается, что вокруг главного компонента вырожденного карлика образуется квазистационарный аккреционный диск, на котором в области взаимодействия со струей возникает горячее пятно. Получены оценки, показывающие значительную роль звезд U Gem в эволюции межзвездной среды, как источников пополнения массы межзвездного газа. Обращается вни-

мание и на необходимость учитывать в расчетах энергетического баланса межзвездной среды ультрафиолетовое излучение горячих пятен, имея в виду, что выход энергии из них может достигать  $10^{40}$ — $10^{41}$  erg/s.

Относительно причин вспышек в звездах U Gem пока не существует единого мнения. Существуют две группы теорий, локализирующих вспышки на каждом из двух компонентов. Согласно одной группе теорий, по аналогии с новыми, принимается, что вспышки возникают вследствие тепловой неустойчивости из-за взрывного термоядерного горения в обогащенных водородом внешних слоях вырожденного карлика. Сделана попытка (М и т - р о ф а н о в, 1978) на основе различия величины магнитного поля вырожденного карлика и температуры в области падения газа объяснить различия новых, новоподобных звезд типа U Gem и переменных типа Z Cam. Предполагается, что в отличие от новых магнитное поле вырожденного карлика в системах U Gem велико ( $B=3 \cdot 10^6$  G). Вследствие этого создается накопление аккрецируемого водорода в окрестностях магнитных полюсов и тепловая неустойчивость возникает только в локальных областях, тогда как у новых водород распределяется по всей поверхности вырожденного карлика.

Вторая группа теорий рассматривает вспышки как обусловленные неустойчивостью оболочки холодного карлика. Существующие фотометрические и спектральные данные пока не отвергают ни одной из обеих альтернатив.

Изучение встречаемости звезд U Gem в рассеянных скоплениях различного возраста имеет тесную связь с вопросом о происхождении и эволюционной стадии этих звезд. Дискуссия относительно гипотезы Крафта (1965) о происхождении системы U Gem вследствие потери массы звезд W UMa еще не закончена. Подобие пространственного распределения и пространственных скоростей этих двух групп переменных не вызывает сомнения, но в то же время остается много невыясненных вопросов. Звезды W UMa состоят из компонентов спектральных классов F и G, расположенных вблизи главной последовательности и обычно рассматриваются как звезды нулевого возраста, тогда как один из компонентов звезд U Gem является далеко проэволюционировавшей и очень плотной звездой. Средние расстояния между компонентами звезд типа U Gem оцениваются как  $1$ — $2 R_{\odot}$ , а W UMa являются почти контактными двойными системами.

Гипотеза Горбацкого (1974) о происхождении звезд W UMa путем деления быстро вращающихся ядер проэволюционировавших гигантских звезд, возможно находящихся на стадии, непосредственно предшествующей горению гелия, приводит к пересмотру общепринятого мнения о нулевом возрасте этих звезд и дает представление о них, как о контактных системах из двух компонентов, состоящих, главным образом, из гелия, находящихся в водородной оболочке сравнительно малой массы. В этой эволюционной схеме возможно объяснить превращение системы W UMa в двойную типа U Gem, принимая, что более массивный компонент эволюционирует в кельвиновской шкале времени и одновременно теряет свою водородную оболочку. Этим Горбацкий намечает возможный новый путь развития массивных звезд к стадии белого карлика, допуская, что вместо коллапса массивного ядра иногда может происходить деление ядра на части с массами, меньшими чандрасекаровского предела. Выяснение места звезд U Gem в эволюционной схеме звезд связано и с общей проблемой происхождения тесных двойных звезд.

Для изучения наличия звезд типа U Gem в рассеянных скоплениях были выделены все звезды этого типа, которые проектируются на области,

Таблица 1

Звезды U Gem — возможные члены рассеянных звездных скоплений

Скопление	D	m-M	Sp	Звезда	r	min	M <sub>min</sub>	Лите- ратура
OCL 52 Rupr. 145	31,5			V2383 Sgr	4,6	(16,1		
OCL 119 Dol-Dzim 9	34		F0	PU Her	1,8	19,5		
OCL 136 Iskud 1	110	7,0		AY Lyr LL Lyr	1,5 3,2	17,0 17,1	10,0 10,1	5
OCL 148 NGC 6871	25	12,2	O9	V823 Cyg	4,3	(18,5	6,3	6
OCL 174 Dol 2	10			V1310 Cyg	4,4	(19,0		
OCL 191 Dol 45	18			V1060 Cyg V1062 Cyg	3,0 5	18 18		
OCL 211 NGC 7092	32	7,3	A0	V1081 Cyg	3,2	(17,5	10,2	6
OCL 303 Dol 12	18			KP Cas	3,1	20		
OCL 313 NGC 281	16	11,6	Oe5	GX Cas	4,5	18,5	6,9	5
OCL 348 St 2	60	9,0	B8	TZ Per UV Per UW Per	1,8 4,3 4,4	15,6v 17,5 18,8:	6,6 8,5 9,8:	6
OCL 350 NGC 869	30	13,4	B1	UV Per UW Per	4,8 3,6	17,5 18,8:	4,1 5,4:	6
OCL 392 Mel 20	240	6,5	B3	QY Per MR Per V336 Per	3,1 2,4 3,5	(20 16,5 (20	13,6 10,1 13,6	6
OCL 479 Cr 69	47,5	8,3	0	V650 Ori	2,5	(17,5	9,2	7
OCL 507 NGC 2632	90	6,0	A0	CC Cnc	2,2	17,6B	11,6	6
OCL 558 Mel 111	240	4,6	A0	FU Com	0,8	21:	16,4:	6
OCL 653 NGC 2482	11	9,5		BX Pup	1,7	15,8	6,3	11
OCL 954 H 10	30	9—11	B5	HP Nor IK Nor	0,7 3,5	16,57B 16,3	7,57 5,57 7,3 5,3	5
OCL 1028 NGC 6475	50	7,0	B5	V551 Sgr	3,5	17	10,0	6

занимаемые рассеянными скоплениями, включая их короны. Принималось, что, в среднем, скопление занимает область порядка 5 радиусов ядра. Рассмотрены были звезды U Gem, включенные в Каталог переменных звезд К у к а р к и н а и др. (1969), в дополнения к нему до 1976 года и в вышедшие более новые публикации. Данные для скоплений были взяты из каталога звездных скоплений и ассоциаций А л т е р а и др. (1970). Использованы были также данные о расстояниях до скоплений, о спектрах самых

ярких звезд и возрастах скоплений из каталога Бекера, Фенкарта (1971) и из публикаций об исследованиях конкретных скоплений. Результаты приведены в табл. 1. В списке включены 24 звезды типа U Gem, которые находятся на расстоянии не более пяти радиусов от центров 18 скоплений. Для звезд в скоплениях с известными модулями расстояний были вычислены абсолютные величины в минимуме при предположении, что они являются членами скоплений. В первых четырех столбцах таблицы приведены данные о скоплениях: номер скопления по каталогу Алтера и др. (1970) и его название, диаметр, видимый модуль расстояния, самый ранний спектральный класс в данном скоплении. В следующих четырех столбцах даны: название звезды, расстояние звезды от центра скопления, звездная величина в минимуме блеска (фотографическая, если не указано специально), вычисленная абсолютная величина звезды. В девятом столбце приводятся ссылки об использованной литературе.

В зависимости от метода определения абсолютные величины звезд типа U Gem получаются несколько разными. Значения, которые приводят отдельные авторы, находятся в интервале:

$M_{ph} = +7^m,5 \pm 0^m,7$  — Крафт, Лойтен (1965) по статистическому паралаксу  $M = +9^m,5 \pm 1^m,6$  — Крафт (1962).

Тригонометрический паралакс наиболее яркой звезды типа U Gem — переменной SS Cyg — приводит, по определению Стренда (1948), к значению  $M_v = +9^m,5$  в минимуме блеска.

Хорошее совпадение вычисленных абсолютных величин со средним значением является одним из критериев принадлежности звезд из табл. 1 к данному скоплению, несмотря на то, что нельзя отбрасывать возможность значительной дисперсии абсолютных величин этих переменных. Удалось вычислить абсолютные величины 18 звезд. Две из них, UV Per и UW Per, проектируются одновременно на двух скоплениях — St2 и NGC 869. Имея в виду абсолютные величины, их можно рассматривать как возможные члены скопления St 2. Абсолютные величины только для четырех из восемнадцати звезд, QY Per, V336 Per, CC Snc и FU Com, выходят за границы, определенные для звезд типа U Gem. Остальные четырнадцать звезд можно рассматривать как возможные члены соответствующих рассеянных скоплений, пока нет определений их собственных движений или других данных, на основе которых можно судить об их принадлежности к скоплениям. Особенно интересны те скопления, с которыми пространственно совпадают несколько звезд типа U Gem. Так, например, звезды AY Lyr и LL Lyr проектируются на скоплении Iskud 1. Заслуживает внимания тот факт, что их видимые величины, соответственно их абсолютные величины, хорошо согласуются. Это дополнительный аргумент в пользу предположения, что они, возможно, являются членами этого скопления. Подобно положение в скоплениях H 10 и Dol 45. Абсолютные величины звезд TZ Per, UV Per и UW Per, если они являются членами скопления St 2, не выходят за принятые в настоящее время границы для звезд U Gem, но различия между ними достигают трех величин. Если определения собственных движений подтвердят их принадлежность к скоплению, это будет также подтверждением реальности дисперсии абсолютных величин звезд U Gem, так как в этом случае исключаются ошибки в определении модуля расстояния.

Поскольку мы не располагаем данными о собственных движениях звезд, включенных в табл. 1, пока нельзя обсуждать полученные результаты с точки зрения эволюции. Тем не менее, следует отметить особенности звездного населения некоторых скоплений, включенных в табл. 1. Скопление Iskud 1 состоит из сотни белых карликов. NGC 2632 и Mel 111 содержат

тоже белые карлики, а Сг 69, NGC 281 и NGC 6871 являются скоплениями из О-звезд. Во многих встречаются и затменно-двойные звезды. Все это, как и возможное наличие звезд типа U Gem, делает перечисленные в табл. 1. скопления интересными для наблюдения. Особенно желательно исследование принадлежности звезд U Gem к этим скоплениям. Как видно, в таблицу попали скопления разных возрастов — от скоплений, в которых самые яркие звезды О—В0, до скоплений, в которых самые яркие звезды FO. Исследование Кукаркина, Миронова (1970) показывает, что звезды U Gem встречаются и в шаровых звездных скоплениях. Следовательно, пока не выяснится вопрос о принадлежности звезд из табл. 1 к данным скоплениям, вероятности, что звезды U Gem встречаются в скоплениях всех возрастов, нельзя исключать. Окончательное выяснение вопроса о типах скоплений, содержащих звезды U Gem, поможет найти их место в схеме звездной эволюции.

## Л и т е р а т у р а

- А л т е р, Р у п р е х т, В а н и с е к (A l t e r, G., J. R u p r e h t, V. V a n y s e k). 1970. Catalogue of Star Clusters and Associations, Budapest.
- Б е к е р, Ф е н к а р т (B e c k e r, W., R. F e n k a r t). 1971. Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 4, No 3, 241.
- Б ъ с к о м б (B u s c o m b e, W.). 1963. MtStrMim, No 6.
- Г о р б а ц к и й, В. Г. 1974. Симпозиум МАС, № 67, М.
- К р а ф т (K r a f t, R. P.). 1962. Astrophys. J., 135, 408.
- К р а ф т (K r a f t, R. P.). 1965. Astrophys. J., 142, 1588.
- К р а ф т, Л о й т е н (K r a f t, R. P., W. L u y t e n). 1965. Astrophys. J., 142, 1041.
- К у к а р к и н, Б. В., А. В. М и р о н о в, 1970. АЖ, 47, 1211.
- К у к а р к и н, Б. В., П. Н. Х о л о п о в, Ю. И. Е ф р е м о в, Н. П. К у к а р к и н а, Н. Е. К у р о ч к и н, Г. И. М е д в е д е в а, Н. Б. П е р о в а, В. П. Ф е д о р о в и ч, М. С. Ф р о л о в. 1969—1971. Общий каталог переменных звезд. Изд. 3-е.
- М и т р о ф а н о в, И. Г. 1978. Письма в АЖ, 4, № 5, 219.
- М о ф а т, В о г т (M o f f a t, A. F. J., N. V o g t). 1975. Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 20, 85.
- С т р а н д (S t r a n d, K.). 1948. Astrophys. J., 107, 106.

## Variables of the U Geminorum type — possible members of open clusters

*M. Popova, Z. Kraicheva*

(S u m m a r y)

The possibility of the membership to the open clusters of the U Gem type variables projected on the regions up to five cluster radii is discussed. Comparison of the absolute magnitudes of the stars obtained on the basis of the cluster distance moduli and the mean absolute magnitude for U Gem type stars is used as a criterium for membership. It is shown for 14 U Gem stars that their absolute magnitudes are not in contradiction with the membership to the respective clusters.

*Самостоятельный сектор астрономии  
с Национальной астрономической обсерваторией  
Болгарской академии наук*

*Поступила 22. V. 1980 г.*