АСТРОФИЗИКА

ТОМ 38 ФЕВРАЛЬ, 1995 ВЫПУСК 1

УДК:524.33:520.8

МНОГОЦВЕТНЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ФОТОГРАФИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ ЗВЕЗДЫ Y Ori

Н.Д.МЕЛИКЯН, С.Д.ЯКУБОВ

Поступила 10 апреля 1995
Принята к печати 25 апреля 1995

Приводятся результаты наблюдений долгопериодической переменной звезды Y Ori. Фотоэлектрические наблюдения выполнены на 60 см телескопе на высокогорной Майданакской станции Ташкентского астрономического института, осенью 1989 г. в *UBVR* областях спектра. Приводятся кривые блеска в *UBVR* лучах и изменение показателей цветов *U-B*, *B-V* и *V-R*. Фотографические наблюдения выполнены на 40" телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории и на 70 см телескопе Максутова Абастуманской обсерватории. Вблизи максимума блеска в красной области спектра обнаружена туманность вокруг звезды Y Ori. Такое образование наблюдается впервые не только у звезды Y Ori, но и у долгопериодических переменных звезд вообще. В настоящей работе обсуждаются полученные результаты.

1. *Введение.* Долгопериодические переменные звезды типа Миры Кита являются холодными красными гигантами и сверхгигантами спектральных классов M, R, N и S. В максимуме блеска они в среднем излучают в 100 раз больше энергии, чем Солнце. Их периоды охватывают диапазон от 100 до 800 суток, а амплитуда блеска в визуальных лучах колеблется в среднем на 5^m. Следует отметить, что амплитуда изменения блеска может изменяться, т.е. звезда может не вернуться к прежнему максимуму. Отметим также, что в среднем, звезды с более длинным периодом относятся к более поздним спектральным классам.

Изучением долгопериодических переменных звезд в Бюраканской астрофизической обсерватории занимаются еще с шестидесятых годов. Они привели к некоторым важным результатам. Так, например, поляриметрические наблюдения Варданяна [1-3] показали, что довольно большая часть звезд этого типа имеет собственную поляризацию света.

Настоящая работа в основном посвящена изучению звезды Y Ori. Эта звезда известна как долгопериодическая переменная звезда типа Миры Кита, и имеет спектр M3E-M5 [4]. Мы на нее обратили внимание случайно, во время синхронных фотографических *UBV* наблюдений вспыхивающих звезд области Ориона. Во время этих наблюдений звезда Y Ori была зарегистрирована в максимуме блеска [5].

Мы решили при возможности продолжить изучение этой звезды более детально. Особенно нас интересовал характер изменения цветов *U-B*, *B-V*, *V-R*. С этой целью мы поставили задачу провести многоцветные фотоэлектрические наблюдения звезды Y Ori.

2. *Наблюдения*. В настоящей работе приводятся результаты многоцветных фотоэлектрических наблюдений звезды Y Ori, выполненных на высокогорной Майданакской станции Ташкентского астрономического института, и результаты фотографических наблюдений, выполненных в Бюраканской и Абастуманской астрофизических обсерваториях.

Фотоэлектрические наблюдения проводились осенью 1989г. с 10 сентября по 27 декабря на 60см цейссовском телескопе, и охватывают период возгорания и затухания блеска звезды вокруг максимума. Однако из-за погодных условий не удалось получить наблюдательный материал в максимуме блеска звезды. Во время фотоэлектрических наблюдений звезды Y Ori в течение каждой ночи были сделаны несколько измерений. Так как звезда в течение этого времени не показала никаких изменений блеска, в табл.1 приводится одно значение звездной величины звезды для каждой ночи. Ошибки измерений при фотоэлектрических наблюдениях изменяются в пределах $0^m.01$-$0^m.04$.

Использованы также фотографические наблюдения, выполненные до 1985 г. включительно в Бюраканской и Абастуманской астрофизических обсерваториях. Эти наблюдения были проведены на широкоугольных 40" и 70 см телескопах. На 70 см телескопе Максутова Абастуманской обсерватории часто проводились наблюдения также в красной и инфракрасной областях спектра. При этом использовались светофильтры КС-10 и RG-5 и фотоэмульсии Kodak 103a-F и Kodak IVN. Фотопластинки Kodak IVN были использованы после сенсибилизации. На 40" телескопе системы Шмидта Бюраканской обсерватории наблюдения проводились в основном в ультрафиолетовых *U* и фотографических *Pg*, а в некоторых случаях и *B*, *V* областях спектра. Использованы светофильтры UG-1, GG-385 и GG-495 в сочетании с фотоэмульсиями Kodak 103aO, 103aD и ORWO

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ *UBVR* ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ФОТОМЕТРИИ ЗВЕЗДЫ Y Ori

JD 2447+	*U*	*B*	*V*	*R*	*U-B*	*B-V*	*V-R*
780	$16^m.04$	$14^m.43$	$12^m.22$	$8^m.74$	$1^m.61$	$2^m.21$	$3^m.48$
781	-	14.44	12.12	8.66	-	2.32	3.46
794	-	13.12	11.03	8.06	-	2.09	2.97
832	13.60	12.22	10.08	7.50	1.38	2.14	2.58
833	13.65	12.26	10.09	7.52	1.39	2.17	2.57
834	13.63	12.23	10.09	7.51	1.40	2.14	2.58
835	13.70	12.28	10.11	7.54	1.42	2.17	2.57
836	13.65	12.28	10.11	7.54	1.37	2.17	2.57
839	13.74	12.34	10.19	7.50	1.40	2.14	2.69
843	13.89	12.46	10.23	7.50	1.43	2.23	2.73
849	13.75	12.40	10.32	7.61	1.35	2.08	2.71
850	13.88	12.55	10.35	7.61	1.33	2.20	2.74
853	13.90	12.60	10.45	7.66	1.30	2.15	2.79
857	13.96	12.73	10.52	7.65	1.23	2.21	2.87
860	14.11	12.92	10.70	7.80	1.19	2.22	2.90
861	14.01	12.88	10.66	7.75	1.13	2.22	2.91
868	13.57	13.14	10.96	7.94	0.43	2.18	3.02
880	14.57	13.79	11.60	8.34	0.78	2.19	3.26
881	14.79	13.87	11.64	8.36	0.92	2.23	3.28
885	14.89	14.14	11.87	8.52	0.75	2.27	3.33
887	14.93	14.24	11.99	8.60	0.69	2.25	3.39

ZU21. Получены также спектры звезд области Ориона с помощью 4^0 объективной призмы. При этом использовались фотопластинки Kodak IIIaF и светофильтры RG-1 и RG-2. Результаты фотографических наблюдений в настоящей работе были использованы в основном во время обсуждения вопроса о туманности, зарегистрированной вокруг звезды Y Ori. Ошибки измерений фотографических наблюдений равны $0^m.1$ (для звезд с $n=11^m.0$) и достигают до $0^m.4$ (для звезд с $n=17^m.0$).

В табл.1 приводятся результаты этих *UBVR* фотоэлектрических наблюдений звезды Y Ori: дата наблюдения (JD), величина звезды в *U, B, V, R* лучах и цвета *U-B, B-V, V-R*, в звездных величинах. Наблюдения продолжались 107 дней.

3. *Кривые блеска и цвета звезды Y Ori.* Кривые блеска в *UBVR* лучах и ход изменения цветов звезды Y Ori построены на основе данных, приведенных в табл.1.

На основе богатого наблюдательного материала была построена полная кривая, с большой точностью определен период изменения блеска звезды

$$P=270^{d}.5 \pm 0^{d}.2,$$

а также время возгорания $t_{в}=83^{d}.9$ и время спада блеска звезды $t_{с}=186^{d}.6$ [5]. Блеск звезды в максимуме приблизительно 10-12 дней оставался почти постоянным.

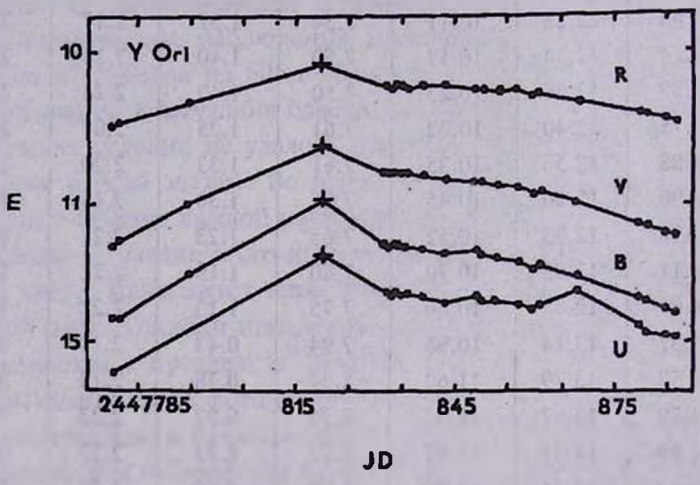

Рис. 1. Кривые блеска звезды Y Ori в *UBVR* лучах. Крестиками отмечены значения максимума блеска звезды по данным работы [5].

На рис. 1 приводятся кривые блеска звезды Y Ori в *UBVR* лучах. Из рисунка видно, что блеск звезды в *B, V, R* лучах монотонно убывает, тогда как в ультрафиолетовых лучах на нисходящей ветви кривой блеска выделяются отдельные повышения. Следует особенно отметить повышение

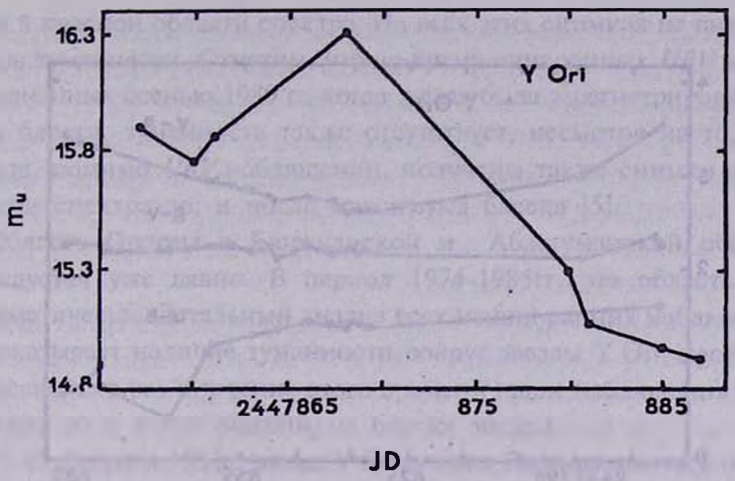

Рис. 2. Повышения блеска в *U* лучах через 48 дней после максимума.

блеска в ультрафиолетовых лучах через 48 дней после максимума блеска (см. рис. 2). В этом случае амплитуда блеска составляет приблизительно $0^m.7$, что намного превышает ошибки измерений. Интересно, что это повышение блеска не повторяется в *B*, *V* и *R* областях спектра.

На рис.3 приводятся изменения цветов *U-B*, *B-V* и *V-R* в течение времени. Как хорошо видно, затухания блеска звезды в *B*, *V* и *R* лучах почти синхронно повторяют друг друга, вследствие чего значения показателей цветов *B-V* и *V-R*, во время фотоэлектрических наблюдений, после максимума блеска увеличиваются очень медленно.

Показатели цветов за 40 дней до максимума блеска имеют следующие значения: $B\text{-}V=2^m.21$ и $V\text{-}R=3^m.48$. Приближаясь к максимуму значение цвета *B-V* уменьшается на $0^m.1$-$0^m.15$, а затем слабо увеличиваясь в течение 67 суток достигает значения $2^m.25$-$2^m.27$. Показатель цвета *V-R* меняется больше. Вблизи максимума блеска $V\text{-}R=2^m.57$-$2^m.58$, а через 67 суток после максимума $V\text{-}R=3^m.39$.

Мы имеем совсем другую картину при изменении показателя цвета *U-B*. Результаты многоцветной фотоэлектрической фотометрии звезд типа Миры Кита показывают, что минимальные значения показателя цвета *U-B* наблюдаются вблизи минимума блеска звезды [6,7]. Фотографические *UBV* наблюдения звезды Y Ori показали, что вблизи максимума показатель

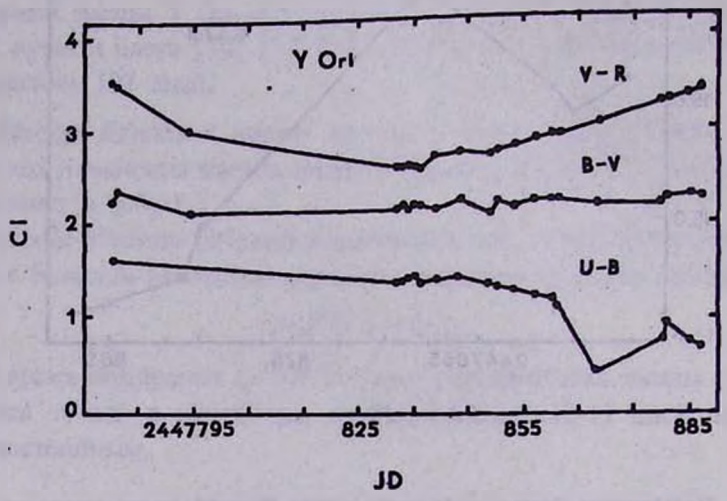

Рис. 3. Ход изменения цветов *U-B*, *B-V* и *V-R* во время наших наблюдений.

цвета $U\text{-}B=+1^m.3\text{-}1^m.4$, после чего его значение уменьшается и цвет звезды становится синим [5].

Результаты настоящих многоцветных *UBVR* фотоэлектрических наблюдений также указывают, что показатель цвета $U\text{-}B=1^m.4$ вблизи максимума, после чего *U-B* уменьшаясь, достигает значения $0^m.69$. К сожалению мы не знаем, каких значений достигает показатель цвета *U-B*, приближаясь к минимуму. Как уже было отмечено, на нисходящей ветви кривой блеска звезды Y Ori в ультрафиолетовых лучах выделяются отдельные повышения. В это время показатель цвета *U-B* имеет значение $0^m.43$.

4. *Образование туманности вокруг звезды Y Ori.* Во время фотографических наблюдений было замечено, что вблизи максимума звезды Y Ori появилась туманность [5]. Туманность зарегистрирована на фотопластинках, полученных с 2 по 11 февраля.

В декабре 1982 г. у нас имеются наблюдения в ультрафиолетовых и фотографических лучах, выполненные на 40" телескопе Бюраканской обсерватории. Эти наблюдения охватывают начало возгорания блеска звезды Y Ori за 50 дней до максимума. В то же время, 17 и 22 декабря на 70см телескопе Абастуманской обсерватории были получены снимки

Y Ori в красной области спектра. На всех этих снимках не видно никаких следов туманности. Отметим, что во время синхронных *UBV* наблюдений, выполненных осенью 1980 г., когда звезда была зарегистрирована в максимуме блеска, туманность также отсутствует, несмотря на то, что в этот период, помимо *UBV* наблюдений, получены также снимки и в красной области спектра до, и после максимума блеска [5].

Область Ориона в Бюраканской и Абастуманской обсерваториях исследуется уже давно. В период 1974-1985гг. эта область снималась систематически. Детальный анализ всех наших ранних наблюдений также не показывает наличие туманности вокруг звезды Y Ori, несмотря на то, что несколько раз в течение этого времени наши наблюдения охватывали периоды до и после максимума блеска звезды.

15-25 февраля 1983г. звезда Y Ori должна была находиться в максимуме блеска. 2-11 февраля этого года у нас есть наблюдения области туманности Ориона в красных лучах. Фактически эти наблюдения охватывают период непосредственно до максимума блеска. На всех этих снимках видно, что вокруг звезды Y Ori четко выделяется туманное образование. На рис. 4 для иллюстрации приводится изображение звезды во время образования туманности (*a*) и за 50 суток до максимума (*b*). Как это хорошо видно на рис. 4, туманность в проекции имеет форму эллипса.

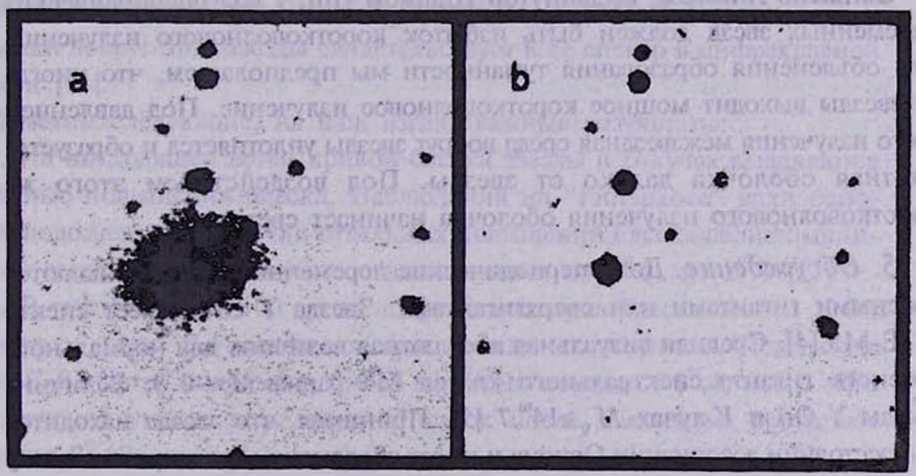

Рис. 4. Изображение звезды во время образования туманности (*a*) и за 50 суток после максимума (*b*).

Спектральные исследования долгопериодических переменных звезд показывают, что над нормальным обращающим слоем имеется газовая оболочка, расширяющаяся со скоростью от -10 до -37 км/с. Размеры оболочки обычно неизвестны. У двойной звезды α Her, согласно наблюдениям Дейча [8], оболочка имеет внешний радиус, по крайней мере в 200 000 раз больше радиуса Солнца. Наличие расширяющихся оболочек представляет большой интерес при исследовании истечения материи из звезд в межзвездное пространство.

На основе наших фотографических наблюдений можно грубо оценить размеры туманности вокруг звезды Y Oph. Туманность зарегистрирована на 70см телескопе Абастуманской обсерватории. Масштаб на пластинках, полученных на этом телескопе, составляет 98"/мм. Размеры туманности, измеренные на этих пластинках равны 23"×16".1. Это соответствует тому, что размеры туманности по большой оси эллипса равны 0.05 пк, а по малой - 0.035 пк. Наши измерения сделаны с учетом, что звезда Y Oph находится на расстоянии ассоциации Ориона в среднем около 450 пк [9]. Таким образом, получаются довольно большие размеры для туманности, которая образовалась в течение менее чем 50 суток.

Туманность не может быть следствием выброшенной материи из недр звезды, так как в этом случае понадобилось бы, по крайней мере, 600 лет для достижения таких размеров.

Согласно гипотезе, выдвинутой Шайном [10], у долгопериодических переменных звезд должен быть избыток коротковолнового излучения. Для объяснения образования туманности мы предполагаем, что иногда от звезды выходит мощное коротковолновое излучение. Под давлением этого излучения межзвездная среда вокруг звезды уплотнятся и образуется плотная оболочка далеко от звезды. Под воздействием этого же коротковолнового излучения оболочка начинает светиться.

5. *Обсуждение*. Долгопериодические переменные звезды являются красными гигантами или сверхгигантами. Звезда Y Oph имеет спектр M3E-M5 [4]. Средняя визуальная абсолютная величина для нормального красного гиганта спектрального класса M4 равна M_v=-0^{m}8. Величина звезды Y Oph в V лучах $M_V \geq 14^m.7$ [5]. Принимая, что звезда находится на расстоянии ассоциации Ориона и имеет абсолютную звездную величину нормального красного гиганта, можно вычислить межзвездное поглощение: A_v=7^m.24. То, что в Орионе в некоторых местах поглощение может достигать до 7^m.0 и больше, свидетельствуют результаты изучения в этой области

методом звездных подсчетов. В работе Коен и Куи [11] приводятся спектральные классы и поглощение A_v для более чем 100 звезд области Ориона. Самое большое значение получено для звезды Haro 4-255 спектрального класса K7: $A_v=3^m.68$. Даже это значение вдвое меньше, чем получаемое нами для звезды Y Ori. По-видимому, или эта звезда является звездой дальнего фона, что мало вероятно, или же она окружена холодной поглощающей материей.

Для классификации источников из каталога IRAS, отождествленных с T Tau звездами, Лада [12] предложил метод, основанный на определении спектральных наклонений в инфракрасной области спектра. Используя эти спектральные наклонения a_{12} и a_{25} Вейнтрауб [13] сделал классификацию для более чем 300 звезд. Спектральные наклонения a_{12} и a_{25} выражаются с помощью инфракрасных потоков и частот следующим образом:

$$a_{12}=\lg(\nu_{12}F_{12}/\nu_{25}F_{25})/\lg(\nu_{12}/\nu_{25}),$$

$$a_{25}=\lg(\nu_{25}F_{25}/\nu_{60}F_{60})/\lg(\nu_{25}/\nu_{60}),$$

где F и ν значения потока и частоты излучения на длинах волн 12 μm, 25 μm и 60 μm. В частности результаты исследований Вейнтрауба показывают, что если спектральные наклонения a_{12} и a_{25} для отдельного источника одновременно принимают отрицательные значения, то источник окружен очень холодной материей. Отметим, что для звезды Y Ori нами получены следующие значения: a_{12}=-3.64, a_{25}=-0.88. В пользу наличия оболочки вокруг этой звезды свидетельствует и ее спектр в инфракрасной области [14].

Отметим следующие, на наш взгляд важные разультаты:

1. На нисходящей ветви кривой блеска звезды в *U*-лучах выделяются отдельные повышения блеска. Наблюдения на "Гипаркосе" дали основание подозревать о наличии отдельных повышений блеска вблизи минимума у звезд типа Миры Кита с амплитудами от $0^m.5$ до $2^m.1$ [15].

2. В течение более 100 суток вокруг максимума блеска звезды Y Ori показатель цвета *B-V* оставался практически постоянным. Показатель цвета *U-B* вблизи максимума имеет значения порядка $+1^m.4$, после чего эти значения уменьшаясь, через 67 суток после максимума достигают значения $0^m.69$.

3. Вблизи максимума блеска вокруг звезды образовалась туманность, которая имеет форму эллипса с размерами 0.05×0.035 пк. Такое образование вокруг долгопериодических переменных звезд, вообще, и вокруг

звезды Y Ori, в частности, наблюдается впервые. Предполагается, что звезда погружена в довольно плотную, холодную межзвездную материю, которая и светится под воздействием сильного коротковолнового излучения.

Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить профессора Л.В.Мирзояна, Р.А.Варданяна и В.В.Амбаряна за обсуждение настоящей работы и ценные советы.

Бюраканская астрофизическая обсерватория, Армения
Ташкентский астрономический институт, Узбекистан

MULTICOLOUR PHOTOELECTRIC AND PHOTOGRAPHIC OBSERVATIONS OF LONG PERIOD VARIABLE STAR Y ORI

N.D.MELIKIAN, S.D.JAKUBOV

Results of observations of a long period variable star Y Ori are presented. The photoelectric observations in *UBVR* bands of spectrum have been carried out with the 60 cm telescope of high mountain Maydanak station of Tashkent Astronomical Institute in Autumn of 1989. The light curves in *UBVR* bands as well as the variations of colour indices *U-B*, *B-V* and *V-R* are presented. The photographic observations have been obtained with the 40" Schmidt telescope of Byurakan Observatory and with the 70 cm Maksutov telescope of Abastumani Observatory. Near the maximum of brightness in red light a nebulosity was discovered around Y Ori. Such a formation not only for the star Y Ori but for long period variables in general has been observed for first time. In the present paper the obtained results are discussed.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Р.А.Варданян*, Астрон.циркуляр. №471, 1968.
2. *Р.А.Варданян*, Астрофизика, 4, 152, 1968.
3. *Р.А.Варданян*, Астрофизика, 6, 77, 1970.

4. *П.Н.Холопов, Р.Р.Самусь, В.П.Горанский, Н.А.Горыня, Е.В.Казаровец, Н.Н.Киреева, Н.П.Кукаркина, Н.Е.Курочкин, Г.И.Медведева, Н.Б.Перова, А.С.Расторгуев, М.С.Фролов, С.Ю.Шугаров*, Общий Каталог переменных звезд, т.2, М., Наука, 1985.
5. *Н.Д.Меликян, Р.Ш.Нацвлишвили, М.Делла Валле*, Астрофизика, **28**, 329, 1988.
6. *V.Mendoza*, Bol. Obs. Tonantzintla, **4**, 28, 1967.
7. *L.Celis S.*, Astron. J., **87**, 1791, 1982.
8. *A.J.Deutsch*, Astrophys. J., **123**, 210, 1956.
9. *К.У.Аллен*, Астрофизические величины, изд. Мир, М., 1977.
10. *Г.А.Шайн*, Изв. АН СССР, сер. физ., **9**, 161, 1945.
11. *M.Cohen, L.V.Kuhi*, Astrophys. J. Suppl. Ser. **41**, 743, 1979.
12. *C.Lada*, in: Star Forming Regions, eds. *M. Peimbert* and *J.Jugaku* (Boston: Reidel), 1987, p.1.
13. *D.A.Weintraub*, Astrophys. J. Suppl. Ser. **74**, 575, 1990.
14. *F.M.Olnon, E.Raimond*, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., **65**, 607, 1986.
15. *C.Magnan*, частное сообщение.