

УДК: 524.3

СПЕКТРАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ХЕРБИГА-АРО НН84 И НН85

Е.Р.ОГАНЕСЯН, Т.Ю.МАГАКЯН, Т.А.МОВСЕСЯН

Поступила 20 августа 2003

Принята к печати 12 ноября 2003

В работе приводятся спектральные исследования двух объектов Хербига-Аро - НН84 и НН85. Для густков НН84 А, В, С, Е и НН85 А, В1, В2 представлены изолинии эмиссий [SII], лучевые скорости, относительные интенсивности линий и электронные плотности. Выполнено сравнение с результатами, полученными ранее. В пределах объекта НН84 обнаружены заметные изменения лучевых скоростей и ширин линий. Сделан вывод, что НН84 действительно может представлять собой ударную волну на завершении коллимированного истечения, однако остается неизвестным, связан ли этот поток с НН83. НН85, судя по всему, действительно составляет часть гигантского потока НН34.

1. *Введение.* Несмотря на то, что объекты Хербига-Аро (НН) известны почти 50 лет, и многие их свойства, вначале казавшиеся загадочными, сейчас получили объяснение, их поиски и исследования до сих пор приносят неожиданности. Одним из наиболее значительных результатов последнего времени явилось обнаружение того, что многие объекты Хербига-Аро объединены в гигантские потоки с общим источником. На сегодняшний день найдено более 20 подобных потоков [1].

Объекты Хербига-Аро НН84 и НН85, рассматриваемые в настоящей статье, могут входить в подобные гигантские потоки. Они расположены в темном молекулярном облаке L1641 южной части Ориона А, находящемся на расстоянии около 470 пк. Этот регион является одной из активнейших областей звездообразования, содержащей более 100 молодых звездных объектов (YSO) в радиусе 4° . Среди них имеются как погруженные в облако ИК-источники, так и видимые в оптике. Наблюдается также большое количество потоков и НН-объектов [2]. Именно здесь был обнаружен первый крупномасштабный НН поток, исходящий из НН34 IRS [3] и состоящий из не менее 10 НН-объектов, которые ранее считались отдельными образованиями. Его общая протяженность достигает 2.8 пк, при том, что светимость центрального источника составляет всего $45 L_\odot$.

Объект НН85 как раз и является одним из возможных звеньев комплекса НН34 IRS, располагаясь в северном его крыле. Отдельные туманные густки, входящие в НН85, были обнаружены достаточно давно [4,5], а окончательно его морфология и природа были установлены в работе

[6]. HH85 находится к юго-востоку от значительно более яркого объекта HH40 и состоит из, по крайней мере, девяти сгустков, напоминая хорошо коллимированный поток общей протяженностью $104''$. Тем не менее, в [3] было сделано уже упомянутое предположение о принадлежности HH85 потоку HH34 IRS, а в работах [7,8] приведены наблюдательные аргументы в пользу такого заключения.

Объект HH84 расположен восточнее HH85 и был обнаружен и описан одновременно с ним [4,6]. Он состоит из пяти сгустков, которые в свою очередь распадаются на большое число более мелких и погружены в более слабую эмиссию. В целом его структура имеет вид извилистой цепочки протяженностью $101''$. Источник возбуждения HH84 оставался неизвестным, пока в [1] не было высказано предположение, что этот объект также является частью гигантского потока, составляя общую систему с HH83.

В настоящей работе представлены спектральные исследования обоих объектов.

2. Наблюдения. Наблюдения проводились 29 ноября 1995г. на 6-м телескопе БТА САО РАН в первичном фокусе. Спектры были получены на длиннощелевом спектрографе UAGS в красном спектральном диапазоне, с эффективным разрешением около 4 \AA , при помощи ПЗС-детектора размером 530×580 пикселей. Суммарные экспозиции составляли 15 мин. Для HH84 были получены спектры сгустков А, В, С, Е (обозначения согласно [6]), при позиционном угле щели -25° . Для наведения на сгусток А объекта HH84 щель была смещена на 10° к востоку. Для получения спектра сгустка D длина щели оказалась недостаточной. Для объекта HH85 удалось зарегистрировать спектры сгустков А, В1, В2. Позиционный угол щели составлял -30° .

Первичная обработка данных (суммирование экспозиций, удаление следов космических частиц и т.п.) производилась при помощи специально предназначенного пакета, разработанного в САО. Для построения дисперсионных кривых, линеаризации, приведения к относительным интенсивностям и других редукиций, стандартных для обработки длиннощелевых спектров, применялась система MIDAS, разработанная в Европейской Южной Обсерватории. Для калибровки спектральной чувствительности использовалась стандартная звезда BD+28°4211.

3. Результаты и обсуждение. Как и следовало ожидать, и HH84, и HH85 обладают типичными спектрами объектов Хербига-Аро, с соотношением интенсивностей эмиссионных линий, характерных для ударного возбуждения. Континуумы сгустков очень слабые. Рассмотрим оба объекта по отдельности.

HH84. На рис.1 представлены изолинии эмиссий [SII] $\lambda\lambda$ 6716 и 6732 в обоих спектрах объекта HH84 после вычитания фоновых линий. Сгустки С и Е выглядят особенно компактными; сгусток В имеет наибольшую протяженность при отсутствии четко выраженных границ, что заметно и по прямым изображениям [6], однако сильных изменений физических параметров в нем не наблюдается.

Уже по изолиниям хорошо видно, что все сгустки имеют положительную лучевую скорость - факт для HH-объектов нетипичный и уже отмеченный в предыдущих работах [6]. Гелиоцентрические лучевые скорости, полученные усреднением по измерениям отдельных линий, приведены в табл.1, где для сравнения указаны также значения, полученные в [6]. (В скобках указано, к какой части сгустка - северной (N), центральной (C) или южной (S) относятся данные). Как видно, в целом согласие этих результатов с ранее полученными данными очень хорошее. Следует отметить

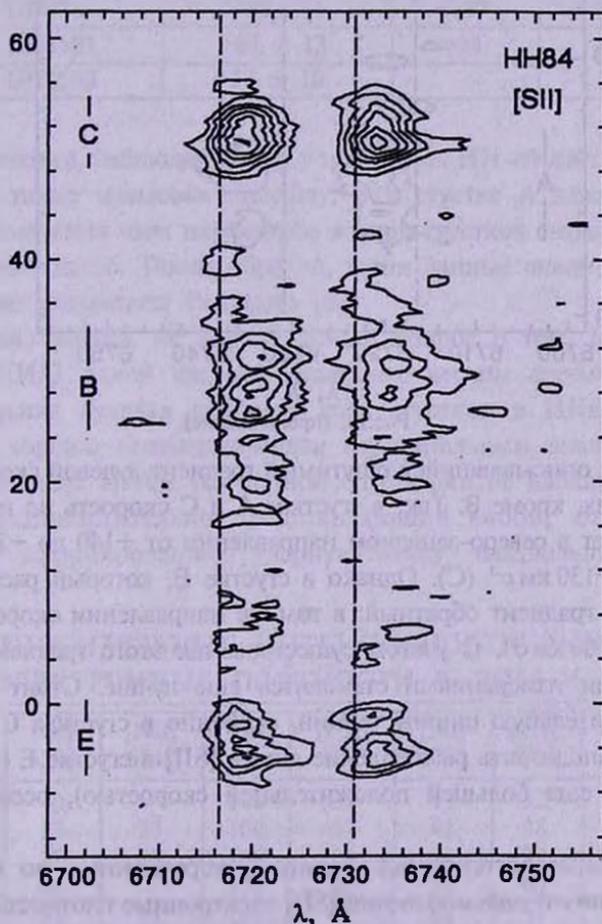


Рис.1а. Изолинии эмиссий [SII], построенные по длиннощелевым спектрам HH84 (а - сгустки В, С и Е, б - сгусток А). Северо-запад вверх.

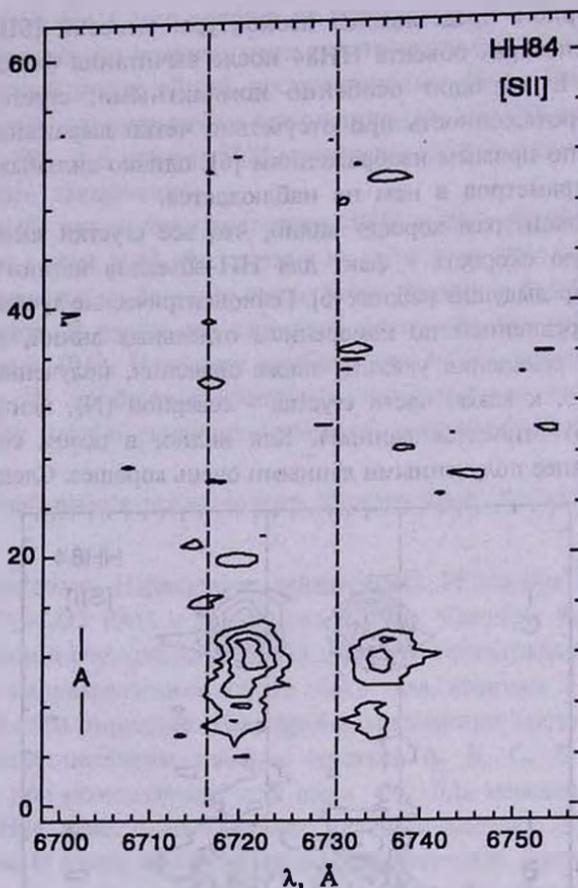


Рис.1b. (продолжение).

также ранее не описывавшийся ощутимый градиент лучевой скорости почти во всех ступках, кроме В. Так, в ступках А и С скорость по направлению щели возрастает в северо-западном направлении от $+140$ до $+210$ км с $^{-1}$ (А) и от $+90$ до $+130$ км с $^{-1}$ (С). Однако в ступке Е, который расположен по соседству с А, градиент обратный: в том же направлении скорость спадает от $+130$ до $+100$ км с $^{-1}$. С учетом существования этого градиента согласие с предыдущими измерениями становится еще лучше. Стоит отметить и довольно значительную ширину линий, особенно в ступках С и Е. Более того, можно заподозрить расщепление линий [SII] в ступке Е (присутствие компонента с еще большей положительной скоростью), особенно в его южной части.

Относительные интенсивности линий, усредненные по ступкам, и рассчитанные по отношению линий [SII] электронные плотности приведены в табл.2. Видно, что уровень возбуждения во всех ступках, судя по отношению $N\alpha/[SII]$ и $N\alpha/[NII]$, невысок, но не достигает экстремально

Таблица 1

ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ ОБЪЕКТОВ НН84 И НН85

Объект	V_{\odot} (наши данные)	V_{\odot} по [6]	V_{\odot} по [7]
НН84А (N)	+213 ± 36	+195	
НН84А (S)	+141 ± 42		
НН84В	+190 ± 47	+172	
НН84С (N)	+105 ± 30	+103	
НН84С (C)	+131 ± 26		
НН84С (S)	+91 ± 19		
НН84Е (N)	+97 ± 21	+104	
НН84Е (C)	+127 ± 8		
НН84Е (S)	+103 ± 19		
НН85А	+92 ± 14	+137	
НН85В1	+68 ± 13	+34	+98
НН85В2	+38 ± 10		

низких значений, наблюдающихся у некоторых НН-объектов. Электронная плотность также невысока повсюду, а в сгустке А даже не поддается оценке. Изменения этих параметров внутри сгустков выражены несильно, хотя и имеют место. Таким образом, наши данные вполне подтверждают предыдущие результаты Рейпурга [6].

Остается, однако, не вполне ясным вопрос о том, принадлежат ли НН84 и НН83 одной системе. Наиболее веским аргументом является положительная лучевая скорость всех сгустков в НН84, по порядку величины хорошо соответствующая отрицательным значениям лучевой скорости в джете НН83. Но полной симметрии не наблюдается, так как НН84 (предположительно представляющий собой, согласно [1], не полностью сформированную ударную волну, завершающую контрджет

Таблица 2

ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛИНИЙ И
ЭЛЕКТРОННЫЕ ПЛОТНОСТИ В НН84 И НН85

Сгусток	[OI] 6300	[NII] 6548	H α	[NII] 6583	[SII] 6716	[SII] 6732	n_e (по линиям [SII])
НН84 А	40	-	100	30	49	32	-
НН84 В	53	33	100	39	42	38	380
НН84 С	27	18	100	29	40	39	550
НН84 Е	45	-	100	44	74	66	360
НН85 А	23	13	100	28	24	21	320
НН85 В1	26	-	100	27	26	23	340
НН85 В2	38	-	100	47	50	40	180

источника HH83) расположен намного дальше, чем эмиссионная дуга на конце потока HH83 (см. [6]) и имеет в абсолютном значении намного большую лучевую скорость, а также резко отличается от этой дуги по спектру. Впрочем, подобные различия могут быть связаны с вариациями плотности межзвездной среды в этом районе. Интересно также, что в сгустке HH84E наиболее заметно выражено уширение эмиссий вплоть до вероятного расщепления, и именно этот сгусток расположен ближе всего к головной части предполагаемой ударной волны. Правда, с другой стороны, именно у этого сгустка, судя по отношению $H\alpha/[SII]$, наименьшее возбуждение, особенно в южной его части. К сожалению, каких-либо более четких закономерностей в распределении физических параметров по HH84 не прослеживается. Однако само отсутствие таких закономерностей и наличие направленных в разные стороны градиентов скорости внутри сгустков нехарактерно для джетов и является косвенным указанием на то,

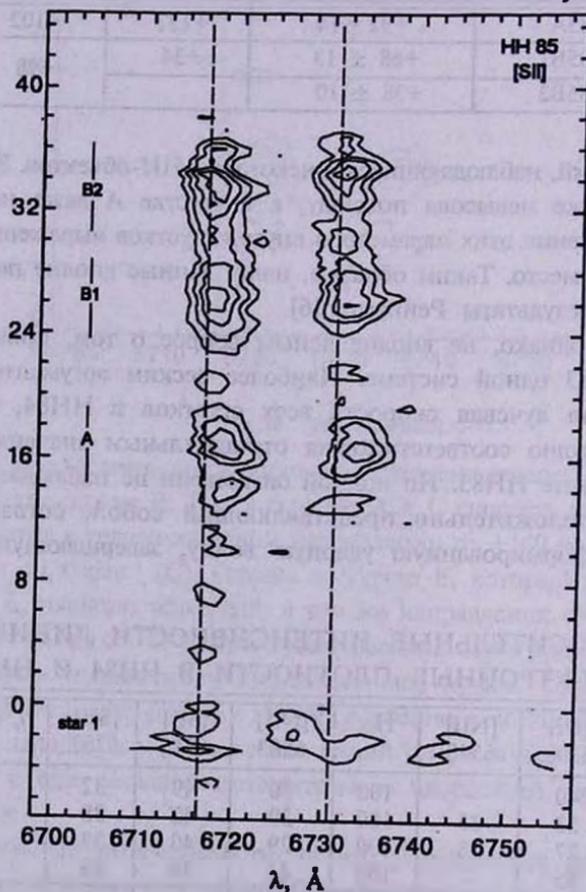


Рис.2. Изолинии эмиссий [SII] в сгустках А, В1 и В2 HH85, построенные по длинноволновому спектру. Северо-запад вверх. В нижней части заметен континуум звезды 1 (см. [6], рис.8).

что НН84 действительно представляет собой дугообразную ударную волну.

НН85. На рис.2, аналогично рис.1, показаны изоконтуры эмиссий [SII] $\lambda\lambda$ 6716 и 6732 в сгустках А, В1 и В2 объекта НН85. Как видно из табл.1, лучевая скорость всех трех сгустков положительна; при этом каких-либо выраженных градиентов скорости или расщепления линий внутри сгустков практически не наблюдается. Ширина линий ощутимая, но меньше, чем в объекте НН84. В табл.2 приводятся относительные интенсивности линий и электронные плотности этих сгустков. Согласно с ранее опубликованными данными в целом удовлетворительное, если учесть, что [6] и [7] несколько расходятся в определении скорости сгустка В. Как видно из наших данных, это может объясняться существующим, вероятно, реальным различием в лучевых скоростях между сгустками В1 и В2, равно как и сгустками А и В в целом. По уровню возбуждения и электронной плотности НН85 ничем не выделяется (можно отметить меньшее возбуждение сгустка В2 по сравнению с остальными), и сильные изменения этих параметров практически отсутствуют.

Исходя из этого, можно заключить, что сгустки НН85 достаточно однородны по физическим характеристикам. Это, равно как и отсутствие заметных градиентов скорости внутри них, согласуется с предположением, что они представляют собой отдельные уплотнения внутри протяженного потока. Таким образом, следует сделать вывод, что наши наблюдения НН85 вполне подтверждают ранее полученные данные и, тем самым, вполне соответствуют идее о принадлежности этого объекта к гигантскому потоку НН34.

4. *Заключение.* Все вышеизложенное показывает, что полученные нами результаты спектроскопии объектов Хербига-Аро НН84 и НН85 не противоречат другим имеющимся данным, а в какой-то мере и дополняют их. В принадлежности НН85 гигантскому потоку НН34 в свете всех современных аргументов трудно сомневаться. В то же время сохраняется вопрос в отношении того, составляют ли НН84 и НН83 единую систему, и даже если это так, некоторые интересные моменты относительно ее структуры требуют прояснения. Мы планируем продолжить ее изучение с применением современных методов трехмерной спектроскопии.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна,
Армения, e-mail: helen@bao.sci.am

THE SPECTRAL INVESTIGATION OF TWO HERBIG-HARO OBJECTS - HH84 AND HH85

E.R.HOVHANNESIAN, T.Yu.MAGAKIAN, T.A.MOVSESSIAN

The spectral investigations of two Herbig-Haro objects - HH84 and HH85 are presented. For HH84 A, B, C, E knots and for HH85 A, B1, B2 knots the isocontours of [SII] emission lines, radial velocities, relative intensities of lines and electron densities are given. The comparison with results of other authors is performed. Significant variations of the radial velocities and line widths are found in the knots of HH84. This object indeed can represent the bow shock, which terminates a collimated outflow, but it is still unknown if this outflow is connected with HH83. HH85 definitely is a part of the HH34 giant outflow.

Key words: *Herbig-Haro objects:individual:HH84 and HH85*

ЛИТЕРАТУРА

1. *B.Reipurth, J.Bally, D.Devine, Astron. J., 114, 2708, 1997.*
2. *B.Reipurth, A general catalogue of Herbig-Haro objects, 2. edition, <http://casa.colorado.edu/hhcat>, 1999.*
3. *J.Bally, D.Devine, Astrophys. J., 428, L65, 1994.*
4. *B.Reipurth, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., 61, 319, 1985.*
5. *K.M.Strom, S.E.Strom, S.C.Wolff et al., Astrophys. J. Suppl. Ser., 62, 39, 1986.*
6. *B.Reipurth, Astron. Astrophys., 220, 249, 1989.*
7. *D.Devine, J.Bally, B.Reipurth, S.Heathcote, Astron. J., 114, 2095, 1997.*
8. *J.Eisloffel, R.Mundt, Astron. J., 114, 280, 1997.*