

ОБЛАСТЬ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ SNO 87

А.Л.ГЮЛЬБУДАГЯН

Поступила 9 октября 2013

Принята к печати 19 февраля 2014

Область звездообразования SNO 87 связана с темным облаком LDN 212. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части молекулярного облака, связанного с SNO 87, показали, что SNO 87 расположен несколько севернее от наиболее плотной части молекулярного облака. Имеется биполярное молекулярное истечение из SNO 87, причем обе ветви истечения синие, т.е. истечение направлено к нам со скоростью ~ 3.5 км/с по отношению к облаку. Проведены также $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части облака, расположенной к *E* от SNO 87. Эти наблюдения показали, что эта часть облака вращается с угловой скоростью $\Omega = 2.44 \cdot 10^{-14}$ с $^{-1}$. SNO 87 состоит из нескольких звезд, связанных с туманными волокнами, выбросами, объектами Хербига-Аро. SNO 87 также связан с точечным источником IRAS 18064-2413.

Ключевые слова: *область звездообразования; молекулярное истечение; вращение облака*

1. *Введение.* В [1,2] нами был проведен поиск новых областей звездообразования, объектов Хербига-Аро, тесных систем типа Трапедии на картах Южного неба. У некоторых из этих объектов найдены молекулярные истечения, в том числе биполярные (см. например [3,4]).

Как известно, области звездообразования бывают двух видов. 1. Области, связанные с гигантскими молекулярными облаками (ГМО), в которых рождаются звезды с большими массами. 2. Области звездообразования, в которых рождаются звезды малых и средних масс. Исследованная в данной статье область звездообразования SNO 87 относится ко второму виду.

2. *Объект SNO 87.* SNO 87 является областью звездообразования второго типа (см. выше). С этой областью связаны звезды, среди которых имеются два МЗО, звезды, связанные с выбросами, туманные волокна, выброс со сгущением на конце, объекты Хербига-Аро (см. рис.1). Объект SNO 87 вместе со связанным с ним темным облаком LDN 212 находится в OB-ассоциации Sgr OB1 рядом с областью III (IC 4685) и скоплением звезд Cr 367. Расстояние до Sgr OB1 в [5] оценивается в 1250 пк, можно предположить, что и SNO 87 находится на этом расстоянии. Ниже приводится табл.1, в которой приводятся данные о звездах, связанных с SNO 87 (данные взяты из Vizier). В первом столбце таблицы дан номер звезды, во втором и третьем - координаты звезды, в столбцах 4-6 - ИК цвета звезд.

ДАННЫЕ О ЗВЕЗДАХ, СВЯЗАННЫХ С SNO 87

N	$\alpha(2000)$	$\delta(2000)$	J	$J - H$	$H - K$
1	18 ^h 09 ^m 30 ^s .925	-24 [°] 12'22".59	11.690	1.506	0.523
2	18 09 30.781	-24 12 26.18	13.783	2.729	-0.835
3	18 09 30.243	-24 12 23.90	13.345	0.577	0.568
4	18 09 29.754	-24 12 28.81	14.250	0.100	1.680
5	18 09 29.768	-24 12 24.70	14.181	0.182	1.630
6	18 09 29.759	-24 12 36.49	14.316	1.385	0.578
7	18 09 29.205	-24 12 01.32	13.665	0.558	0.251
8	18 09 32.113	-24 12 57.11	12.015	0.532	0.124
9	18 09 32.378	-24 12 13.95	13.056	0.313	0.120

Как видно из табл.1, среди этих звезд имеются два МЗО (звезды 4 и 5, у которых большие значения $H - K$). Звезда 8 имеет прямолинейный выброс, звезда 9 имеет два выброса (см. рис.1). В Vizier для звезды 8 приводятся следующие величины: $V = 13^m.62$, $B - V = 0^m.84$, отсюда при расстоянии 1250 пк будем иметь $M_V = 3^m.12$. Из [6] для звезды 8 спектральный класс будет в интервале F0V - F5V. Для звезды 9 из Vizier будем иметь: $V = 13^m.96$, $B - V = 0^m.70$. При расстоянии 1250 пк для этой звезды получим $M_V = 3^m.46$. Спектральный класс, согласно [6], для этой звезды также будет в интервале F0V - F5V. Имеется также сгущение на конце выброса под номером 7 в табл.1 (см. рис.1). В области звездообразования SNO 87 имеется также группа объектов Хербига-Аро (см. рис.1). С

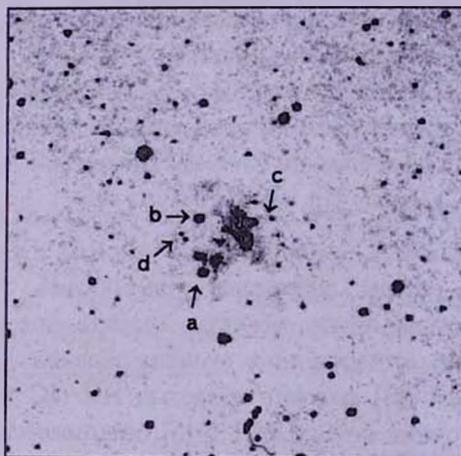


Рис.1. DSS2 R изображение области, содержащей объект SNO 87. а - звезда с прямолинейным выбросом (звезда 8 из табл.1), б - звезда с двумя волокнами (звезда 9 из табл.1), с - выброс со сгущением на конце (сгущение - объект 7 из табл.1), d - объекты Хербига-Аро. Север наверху, восток слева. Размеры изображения 6' x 6'.

объектом SNO 87 связан точечный ИК источник IRAS 18064-2413 [7]. В [8] приводятся следующие ИК цвета для ИК источников: $R(1, 2) = \log((F(25) \times 12)/F(12) \times 25)$; $R(2, 3) = \log((F(60) \times 25)/(F(25) \times 60))$; $R(3, 4) = \log((F(100) \times 60)/(F(60) \times 100))$. Для IRAS 18064-2413, употребив значения ИК величин из [7], для ИК цветов будем иметь следующие значения: $R(1, 2) = 0.196$; $R(2, 3) = 0.173$; $R(3, 4) = 0.574$. Согласно [8], IRAS 18064-2413 имеет ИК цвета, соответствующие холодному непроэволюционировавшему источнику, погруженному в темное облако. Для такого источника имеет место следующее неравенство: $R(3, 4) > 0.3$.

3. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения области звездообразования SNO 87.

$^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части молекулярного облака LDN 212, связанного с SNO 87, были проведены 30 августа 2003г. на 15-м SEST (Швеция - ESO субмиллиметровый телескоп) телескопе в Сьерро Ла Силья, Чили. Диаграмма направленности антенны на 115 GHz $\sim 45''$, эффективность пучка 0.70. Положения в направлении источника были пронаблюдены с интервалом в $40''$ в режиме частотной модуляции с разбросом частот в 10 MHz. Телескоп во время наблюдений был снабжен SIS детектором и акусто-оптическим спектрометром с высоким разрешением (с 1000 каналами и с разрешением скорости в 0.112 км/с). Эти наблюдения проведены с ныне покойным проф. Хорхе Майем (Национальная обсерватория Чили, Сантьяго, Чили).

$^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения проведены для части молекулярного облака, связанного с SNO 87. Результаты $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдений представлены на рис.2. Как видно из рисунка, кроме основного излучения облака со скоростью в интервале (11.2 - 12.2) км/с, имеется истечение, сдвинутое в синюю сторону со скоростью в интервале (7.5 - 9) км/с, т.е. синее истечение

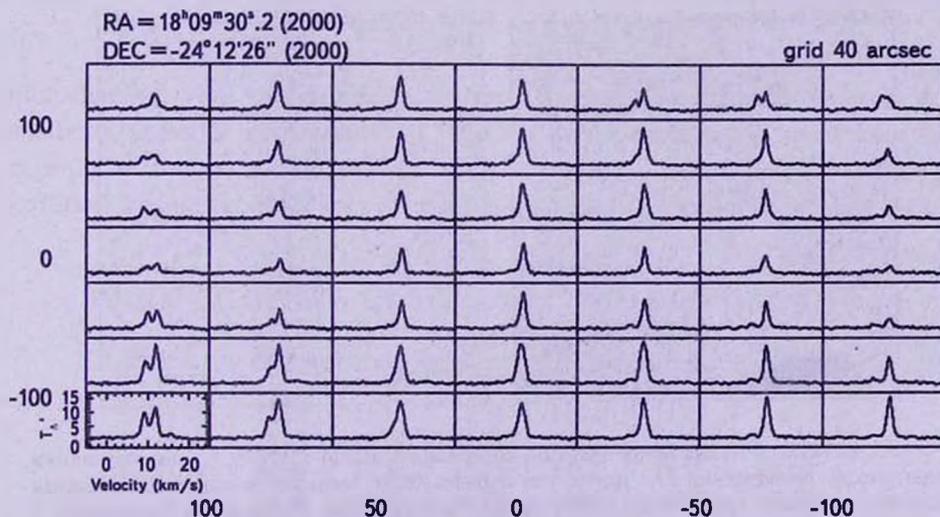


Рис.2. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры области вокруг SNO 87.

имеет скорость примерно -3.5 км/с по отношению к облаку. В приведенной ниже табл.2 ячейки соответствуют ячейкам на рис.2. В табл.2 представлены антенные температуры основного излучения облака (в каждой ячейке справа) и синего истечения (в каждой ячейке слева). Антенные температуры приведены в единицах 0.45 К.

Таблица 2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ АНТЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВДОЛЬ ОБЛАКА,
СВЯЗАННОГО С SNO 87

3	11	2	21	-	26	-	23	7	16	9	12	6	8
6	6	3	18	3	27	4	29	5	29	4	27	3	12
7	6	4	13	4	20	3	27	4	28	5	22	3	11
6	8	3	12	3	20	4	24	4	22	3	14	4	5
11	12	7	13	3	20	2	28	4	23	4	20	3	6
13	16	9	25	-	29	2	31	4	32	3	29	4	20
16	18	9	25	8	32	3	29	4	32	5	32	3	33

Как видно из табл.2, объект SNO 87 расположен несколько севернее области с наибольшим поглощением. Из таблицы также видно, что синее истечение наибольшую плотность имеет к *NW* и *SE* от SNO 87. В данном случае мы имеем дело с биполярным истечением, но в отличие от обычного биполярного истечения, у SNO 87 нет противоположных ветвей (красная и синяя), здесь имеются две синие ветви. Можно предположить, что источник истечения окружен плотным кольцом, более далекая половинка которого плотнее и намного шире более близкой к нам половинки, вследствие чего истечение будет в основном происходить в сторону наблюдателя. В [9] нами был описан аналогичный случай наличия двух

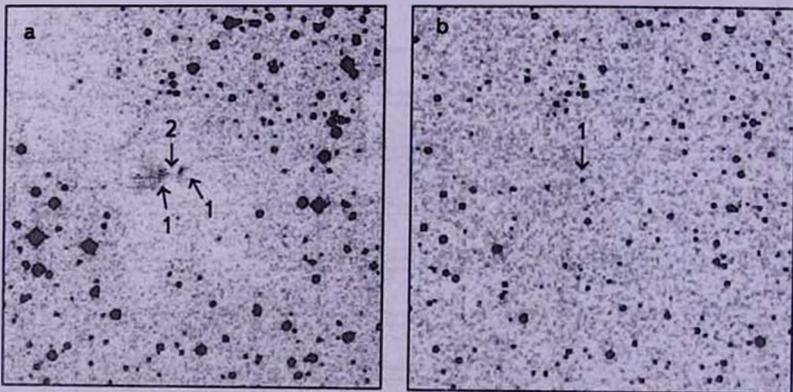


Рис.3. а. DSS2 *R* изображение области, содержащей объект GRV 8. 1 - две половинки биконической туманности, 2 - место, где должна была быть расположена центральная звезда биконической туманности. Север наверху, восток слева. Размеры изображения $6' \times 6'$. б. 2MASS *K* изображение области, содержащей объект GRV 8. 1 - центральная звезда биконической туманности. Север наверху, восток слева. Размеры изображения $6' \times 6'$.

одинаковых ветвей у биполярного истечения, связанного с объектом GRV 8. В случае GRV 8 обе ветви имеют красное истечение. В случае GRV 8 можно предположить, что источник истечения окружен плотным кольцом, которое имеет более плотную и широкую половинку в обращенной к нам стороне. На самом деле центральная звезда из-за сильного поглощения не видна на DSS2 R изображении, но видна на 2MASS K изображении (см. рис.3), причем биполярное истечение видно и на DSS2 R изображении в виде яркой биконической туманности. Направления истечений в оптике совпадают с направлениями радиорукавов.

$^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения проведены также для части облака, расположенной восточней SNO 87. На рис.4 приводятся спектры, пронумерованные в

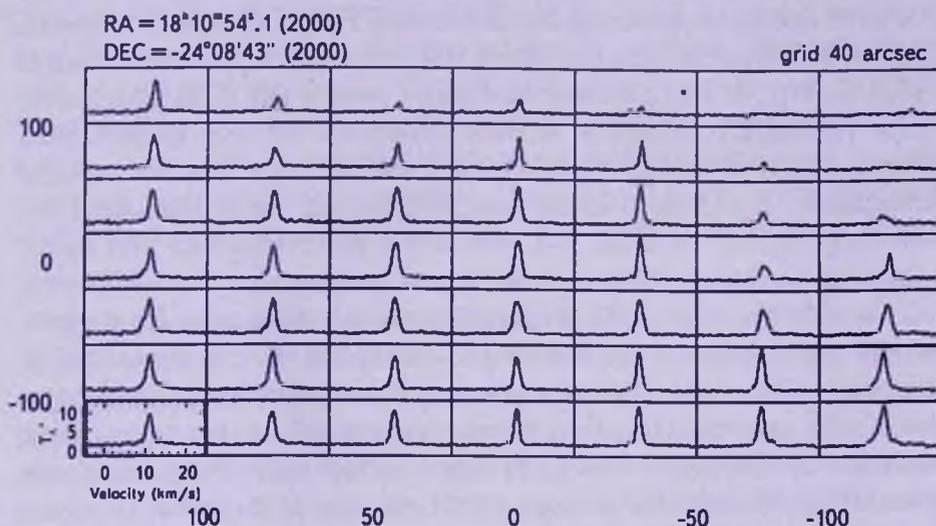


Рис.4. $^{12}\text{CO}(1-0)$ спектры части облака, расположенной восточней SNO 87.

направлении этой части облака, представленные в виде распределения по ячейкам, размеры которых 40". В табл.3 на основании рис.4 представлены данные о пиках излучения в $^{12}\text{CO}(1-0)$. Ниже приводится табл.3, в которой ячейки соответствуют ячейкам на рис.4. Скорость дана в км/с.

Таблица 3

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ $^{12}\text{CO}(1-0)$ В ОБЛАСТИ
 ВОСТОЧНЕЙ SNO 87

12.17	11.55	11.86	11.24	11.24	-	-
11.86	11.24	11.55	11.24	11.24	11.55	-
11.55	10.93	11.55	11.24	10.93	11.55	-
11.24	10.62	11.24	11.24	10.93	11.55	12.48
11.24	10.62	10.93	10.93	10.93	10.93	12.17
11.24	10.62	10.93	10.93	10.93	10.62	11.24
11.24	10.62	10.93	10.93	10.93	10.62	11.24

Из таблицы можно заключить, что в этой части облака имеется градиент скорости в направлении $N-S$. Этот градиент равен 1.1 км/с на $240''$. Если за расстояние до SNO 87 принять 1250 пк , то угловая скорость вращения будет равна: $\Omega = \Delta V / \Delta r = 2.44 \cdot 10^{-14} \text{ с}^{-1}$. Период вращения будет равен: $T = 2\pi / \Omega = 8.2 \cdot 10^6 \text{ лет}$. Ввиду того, что градиент скорости имеет направление $N-S$, можно заключить, что вращение происходит вокруг оси вращения, имеющей направление $E-W$. В [10] приводятся данные о нескольких вращающихся облаках (глобулах Бока) с угловыми скоростями в промежутке $\Omega = (0.3-3) \cdot 10^{-14} \text{ с}^{-1}$, так что облако около SNO 87 имеет скорость вращения, сходную со скоростью быстро вращающихся глобул.

4. *Радиальная система темных глобул около SNO 87.* Недалеко от SNO 87 находится радиальная система темных глобул, которая не включена в список известных радиальных систем [11]. Эта радиальная система связана с областью НП (IC 4685), которая освещается звездой HD 165921 (см. рис.5). Звезда HD 165921 входит в звездное скопление Ст 367. Радиальными системами темных глобул называют системы глобул, в которых глобулы расположены радиально относительно центральных звезд, вызвавших эту ориентацию [12,13]. Согласно [14], радиальные системы бывают двух видов. 1. Системы с областью НП и с центральными звездами типа O и/или ранних B. 2. Системы без области НП и без центральных ранних звезд. По времени системы типа I являются более ранними. Радиальная система около SNO 87 занимает промежуточное положение между системами типов I и II - сохранилась центральная ориентация глобул, имеется область НП, но нет центральной яркой звезды. Мы предполагаем, что такой звездой могла быть в прошлом звезда HD 165921 типа O 7.5 V (см. рис.5), которая со временем удалилась

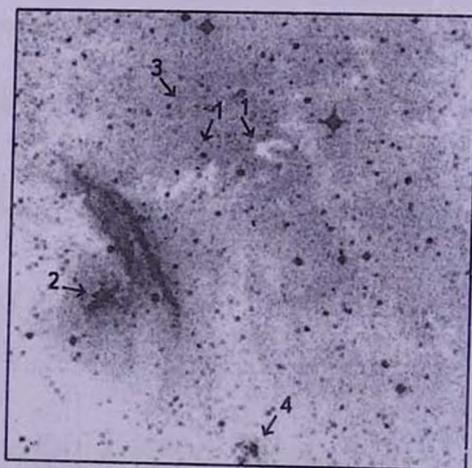


Рис.5. DSS2 R изображение области, содержащей радиальную систему темных глобул и объект SNO 87. 1 - темные глобулы, 2 - звезда HD 165921, 3 - область НП (IC 4685), 4 - объект SNO 87. Север наверху, восток слева. Размеры изображения $18' \times 18'$.

из центральной области радиальной системы. Оценим время удаления этой звезды из центра радиальной системы. Расстояние от центра радиальной системы до теперешнего положения звезды б'. Средняя скорость трех звезд, входящих в скопление Cr 367 (это звезды HD 165921, HD 155107 и HD 166033) около 1.40 mas/y, откуда пекулярная скорость звезды HD 165921 будет 0.61 mas/y (ее скорость 2.01 mas/y, данные о собственных скоростях звезд взяты из Vizier [15]). Значит, расстояние в б' звезда должна была пройти примерно за $6 \cdot 10^5$ лет.

Оценим время, которое пройдет до распада радиальной системы из-за дифференциального вращения Галактики. Приливные силы являются разностью силы притяжения на противоположные границы какого-либо образования. После интегрирования формулы Оорта $\Delta V_r = A \cdot r \cdot \sin 2(I - I_0)$, или $dr/r = A \cdot \sin 2(I - I_0) dt$, по двум моментам времени мы будем иметь $\ln(R_2/R_1) = A \cdot (t_2 - t_1) \sin 2(I - I_0)$. Отсюда расширение радиальной системы будет наибольшим при $I - I_0 = 45^\circ$ и время удвоения размеров системы будет $\sim 3 \cdot 10^7$ лет. В течение этого времени приливная сила вызовет заметную приплюснутость системы. Поскольку мы не видим заметной приплюснутости у радиальной системы, то ее возраст должен быть меньше $3 \cdot 10^7$ лет.

5. *Заключение.* Исследована область звездообразования SNO 87. Эта область связана с темным облаком LDN 212. В эту область звездообразования входят несколько звезд, среди которых есть M30, звезды с выбросами, а также имеется группа объектов Хербига-Аро. С SNO 87 связан также точечный ИК источник IRAS 18064-2413. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части облака вокруг SNO 87 показали, что SNO 87 расположен несколько севернее от наиболее плотной части молекулярного облака. Кроме излучения самого молекулярного облака, наблюдается также биполярное молекулярное истечение из SNO 87. Это истечение очень необычное - обе его ветви смещены в синюю сторону (на ~ -3.5 км/с по отношению к скорости излучения самого облака). Обычно при биполярном истечении одна ветвь бывает смещена в синюю сторону, вторая ветвь - в красную. Такое же аномальное биполярное истечение наблюдается у объекта GRV 8, но у него обе ветви смещены в красную сторону. Это необычное истечение объяснено наличием вокруг источника истечения плотного кольца, одна половинка которого намного шире другой половинки, причем в случае SNO 87 более широкая половинка расположена дальше от нас, а в случае GRV 8 - ближе к нам. $^{12}\text{CO}(1-0)$ наблюдения части молекулярного облака к E от SNO 87 показали, что эта часть облака вращается с угловой скоростью $\Omega = 2.44 \cdot 10^{-14} \text{ с}^{-1}$ и с периодом $T = 8.2 \cdot 10^6$ лет вокруг оси вращения, имеющей направление E - W. Рядом с SNO 87 находится радиальная система темных глобул. Эта система занимает

промежуточное положение между системами типа 1 и 2: сохранена радиальная направленность глобул, имеется область III, но нет центральной яркой звезды. Сделано предположение, что такой центральной звездой была звезда HD 165921, которая сместилась из центральной части радиальной системы.

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

STAR FORMATION REGION SNO 87

A.L.GYULBUDAGHIAN

Star formation region SNO 87 is connected with dark cloud LDN 212. $^{12}\text{CO}(1-0)$ observations of a part of molecular cloud, connected with SNO 87, have shown that SNO 87 is situated a little to the *N* from the densest part of molecular cloud. There is a bipolar molecular outflow from SNO 87, moreover, the both lobes are blue shifted, that is the outflow is directed toward us with velocity ~ 3.5 km/s in respect to the velocity of the cloud. $^{12}\text{CO}(1-0)$ observations of part of molecular cloud situated to the *E* from SNO 87 were also carried out. These observations showed that this part of molecular cloud is rotating with angular velocity $\Omega = 2.44 \cdot 10^{-14} \text{ s}^{-1}$. SNO 87 is consisting of several stars, connected with nebular filaments, jets, HH objects. SNO 87 is connected also with IRAS point source IRAS 18064-2413.

Key words: *star formation region: molecular outflow: cloud rotation*

ЛИТЕРАТУРА

1. A.L.Gyulbudaghian, L.F.Rodriguez, V.M.Villanueva, Rev. Mex. Astron. Astrofis., 25, 19 1993.
2. A.L.Gyulbudaghian, J.May, L.Gonzalez, M.Mendez, Rev. Mex. Astron. Astrofis., 40, 137, 2004.
3. A.L.Gyulbudaghian, J.May, Astrofizika, 51, 469, 2008.
4. A.L.Gyulbudaghian, J.May, Astrofizika, 50, 5, 2007.
5. L.Prisinzano, F.Damiani, G.Micela, S.Sciortino, Astron. Astrophys., 430, 941, 2005.
6. К.У.Аллен, Астрофизические величины, М., Мир, 1977.

7. IRAS Point Source Catalog, Version 2, 1988, Washington, D.C.
8. *J. Wouterloot, C. Walmsley*, *Astron. Astrophys.*, **168**, 237, 1986.
9. *A.L. Gyulbudaghian, J. May*, *Astrofizika*, **48**, 101, 2005.
10. *R.D. Kane, D.P. Clemens*, *Astron. J.*, **113**, 1799, 1997.
11. *А.Л. Гюльбудагян, Г.Б. Оганян, Л.Г. Ахвердян*, *Астрофизика*, **37**, 317, 1994.
12. *T.C. Hawarden, P.M. Brand*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **175**, 19P, 1976.
13. *Bo. Reipurth*, *Astron. Astrophys.*, **117**, 183, 1983.
14. *А.Л. Гюльбудагян*, *Астрофизика*, **23**, 295, 1985.
15. *S.E. Urban, N. Zacharias*, *The UCAC2 Bright Star Supplement*, US Naval Observatory, Washington, D.C., 2004-2006.

