

УДК: 524.523:520.27

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ МАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ГЛАВНЫХ ЛИНИЯХ МОЛЕКУЛЫ ОН. II. НЕЗВЕЗДНЫЕ. МАЗЕРЫ

И. В. ГОСАЧИНСКИЙ, Р. А. КАНДАЛЯН, Ф. С. НАЗАРЕТЯН,
В. А. САНАМЯН, Н. А. ЮДАЕВА

Поступила 27 ноября 1989

Принята к печати 12 апреля 1990

Приведены результаты наблюдений 30 незвездных мазерных источников на частотах 1665 и 1667 МГц, выполненных с помощью радиотелескопа РАТАН-600 в период с апреля 1982 г. по декабрь 1988 г. Результаты наблюдений 11 источников обсуждаются более подробно, а для остальных 19 объектов оценены верхние пределы потока излучения.

1. *Введение.* Сразу после обнаружения мазерного излучения гидроксидла от компактных областей Н II стало известно, что оно является переменным во времени. Мазеры ОН, ассоциирующиеся с компактными Н II областями, в основном излучают в главных линиях на частотах 1665 и 1667 МГц. Дальнейшие исследования показали, что эти мазерные источники имеют отношение к ранним стадиям звездной эволюции, а мазеры, связанные с холодными звездами спектральных классов М3—М8,— к поздним. Мазеры ОН в областях звездообразования отличаются также и тем, что являются более мощными, быстропеременными, в ряде случаев проявляют вспышечную активность.

В данной работе приводятся результаты наблюдений в главных линиях 30 незвездных мазерных источников ОН. Наблюдения проводились с помощью радиотелескопа РАТАН-600 в период с апреля 1982 г. по декабрь 1988 г. по той же методике, что и в случае наблюдения звездных мазеров [1]. До сих пор исследования переменности излучения незвездных мазеров ОН охватывали промежуток времени до двух-трех лет (см., например, [2]) и не всегда выполнялись на основе однородного наблюдательного материала. В этих отношениях выборка наших наблюдений более предпочтительна.

ДААННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ НЕЗВЕЗДНЫХ МАЗЕРОВ

Источник	Полоса обзора (км/с)	Максимальная плотность потока (Ян)		Дата наблюдения
		1665 МГц	1667 МГц	
1	2	3		4
W3 (OH)	-156 ÷ +60	132.3	6.1	(1665) — (22—26).12.1982, 11.08.1983, (31—3).09.1984, (5—8).02.1987, 9.09.1988 (1667) — 11.09.1988
Ori A	-100 ÷ +118	13.5	< 0.9	(1665) — 8.06.1984, (31—4).02.1985, 11.05.1988, 11.09.1988, (19, 21, 23, 25) 12.1988 (1667) — 15.05.1988, 14.09.1988, 22.12.1988
NGC 6334	-122 ÷ +94	30.3	26.3	(1665) — (12—13).11.1986, (9.10).07.1987, 8.05.1988 (13, 15).09.1988, 25.12.1988 (1667) — (15, 16).11.1986, 11.07.1987, 14.09.1988.
OH 351.77—0,54	-112 ÷ +107	187.7	36.8	(1665) — (18, 20, 24, 26).02.1985, (13—15).06.1985, (4, 8).07.1987, (16, 17).05.1988, 10.09.1988, 24.12.1988 (1667) — (25, 26).03.1985, (25, 26).11.1986, 7.07.1987, (17, 18).09.1988, 26.12.1988. (1667) — (25, 26).03.1985, (25, 26).11.1986, 7.07.1987, (17, 18).09.1988, 26.12.1988.
Sgr B2	-45 ÷ +171	38.4	28.0*	(1665) — (4—7).05.1983, 14.05.1988, 11.09.1988, 20.12.1988. (1667) — 15.05.1988, 12.09.1988.
W 33 A B	-50 ÷ +166	18.2 8.5	12.0 3.4	(1665) — (10, 12, 15).05.1983, (20, 22).06.1983, 11.08.1983, (22, 23).09.1983, 7.12.1984, 29.01.1985, 3.03.1985, (3, 7). 07.1987, 6.05.1988, 9.09.1988, 22.12.1988. (1667) — 27.01.1985, (9, 11).07.1987, 7.05.1988, 10.09.1978, 23.12.1988

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4
G 34.3+0.1	-50 ÷ +166	9.7	(1665) — (23—25).03.1985
W 49	-93 ÷ +123	113.6	73.5 (1665) — (4—7).05.1983, (22, 23), 09.1983, (11—13).12.1984, 26.02.1985, (12—14).11.1986, (3—6).02.1987, (3—4).07.1987, 6.05.1988, (9, 10).09.1988, 22.12.1988, (1667) — (26—30).01.1985, 15.11.1986, 7.07.1987, 7.05.1988, (13, 14).09.1988, 23.12.1988,
W 51	-45 ÷ +171	53.0	9.3* (1665) — (15—16).04.1983, (11—13).05.1983, (5—7).05.1984, 14.12.1984, (23—26).03.1985, 6.07.1987, 8.05.1988, 11.09.1988, 24.12.1988 (1667) — 10.08.1983, (13—15).05.1983, 15.05.1988, 12.09.1988, 25.12.1988.
ON-2	-116 ÷ +100	8.7	<1.4 (1665) — (29—4, 7).05.1983, 15.02.1985, (24—26).03.1985, 9.07.1987, 25.12.1988. (1667) — 11.07.1987
GGD 37	-119 ÷ +97	6.5	3.9 (1665) — (1—3).09.1984, (7—10).04.1988, 10.09.1988. (1667) — (10, 11).06.1986, 11.09.1988

* Линия наблюдается в поглощении.

Таблица 2
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ БЕЗ ЗАМЕТНОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ
НА ЧАСТОТАХ 1665 И 1667 МГц

Источник	Полоса обзора (км/с)	Дата наблюдения
1	2	3
HN7-11 (A)	-119 ÷ +97	(1665) — (6—8).12.1984, 13.09.1988, 23.12.1988, (1667) — (10—13).12.1984, (14—15).09.1988, 25.12.1988
RNO 40	-108 ÷ +108	(1665) — 14.02.1985
RNO 43	-108 ÷ +108	(1665) — 28.02.1985, (1, 2).03.1985.

Таблица 2 (окончание)

1	2	3
HH 12	-108 ÷ +108	(1665)-(28, 29).01.1985, (1-3).02.1985. (1667)-4.02.1985, (28-3).03.1985.
S 252	- 91 ÷ +125	(1665)-30.12.1984, 4.02.1985, (26, 27).03. 1985, 12.06.1985, (22, 24).01.1986, (3, 4). 07.1987, 15.09.1988, (16, 20).12.1988 (1667)-24.12.1988
HH 39	-108 ÷ +108	(1665)-(31-2).02.1985
S 255	- 91 ÷ +125	(1665)-18.12.1984, 14.02.1985, (28-3). 03.1985, 22.12.1988 (1667)-23.12.1988
S 269	- 91 ÷ +125	(1665)-15.11.1986, 25.12.1988, (1667)-17.11.1986.
S 27	-105 ÷ +111	(1665)-10.09.1988. (1667)-12.09.1988.
G 353.27+0.64	-160 ÷ +56	(1665)-3.02.1985, (9, 11).03.1985. (1667)-(26, 27).01.1985
G 352.62-1.06	-112 ÷ +104	(1665)-29.01.1985, (5, 6, 23).03.1985. (1667)-(4, 7).03.1985
W 31 (2)	-109 ÷ +107	(1665)-(16-18).05.1984, (23, 25).03.1985 (1667)-(22, 23, 30).05.1984
ON-1	- 95 ÷ +121	(1665)-(12-14).11.1986 (1667)-(15, 16).11.1986
CRL	-133 ÷ +83	(1665)-(25-28).04.1984, (3, 5).06.1984, 20.12.1988 (1667)-22.12.1988
W 75 N	- 96 ÷ +120	(1665)-(28, 30).04.1982, 23.11.1982
W 75 S	- 92 ÷ +126	(1665)-(14-16).04.1983, (11-13).05.1983
S 122	-114 ÷ +102	(1665)-8.05.1988 (1667)-9.05.1988
NGC 7538 IR	-168 ÷ +48	(1665)-(22-26).12.1982
HHL 19	-108 ÷ +108	(1665)-18.02.1985

В работе более подробно будут обсуждаться результаты тех мазерных источников, для которых были получены профили радиолний ОН в равные периоды наблюдений.

2. *Результаты наблюдений.* Список исследованных объектов приведен в табл. 1 и 2. Указаны названия источников, диапазон исследованных лучевых скоростей, максимальное значение плотности потока на частотах 1665, 1667 МГц, зарегистрированное в источниках за время наших наблюдений, и дата. В табл. 1 и 2 источники представлены в порядке возрастания прямого восхождения. В табл. 2 приведен список источников, плот-

ность потока которых в указанные даты наблюдений была ниже порога обнаружения радиотелескопа на частотах 1665 и 1667 МГц (~ 1.2 Ян).

W3 (OH). В период с декабря 1982 г. по сентябрь 1988 г. нами проведены 5 и 1 цикл наблюдений на частотах 1665 и 1667 МГц соответственно. Во всех профилях доминируется деталь на лучевой скорости—45 км/с. Минимальное значение плотности потока 42.2 Ян было зарегистрировано в октябре 1984 г. По отношению к этому значению, потоки в ноябре 1982 г. и сентябре 1988 г. были соответственно в 2.3 и 3 раза больше. На рис. 1 приведена кривая блеска детали—45 км/с.

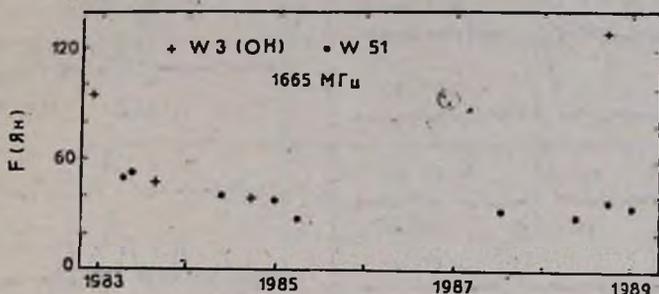


Рис. 1. Кривые блеска источника W3 (OH) ($V_{LSR} = -45$ км/с) и W 51 ($V_{LSR} = 60$ км/с).

Ori A. В отличие от мощного излучения этого источника в линии водяного пара [3], его излучение в линии гидроксила является довольно слабым. Профили линии на частоте 1665 МГц, полученные в период с июня 1984 г. по декабрь 1988 г., представлены на рис. 2. Основные детали сосредоточены вокруг лучевых скоростей 10 и 21 км/с. Если в промежутке 8.06.1984—3.02.1985 г. излучение этих деталей практически не менялось, то в декабре 1988 г. оно в среднем увеличилось в 1.8 и 1.6 раза, на 17 и 21 км/с соответственно. Отметим, что в работе [2] Ori A классифицировался как возможно переменный источник.

NGC 6334. Результаты наших наблюдений этого источника определяются суммарным вкладом двух компонентов NGC 6334, N и S, которые не разрешаются диаграммой направленности РАТАН-600 на волне 18 см. Для этого комплекса OH-мазеров нами проводились 5 и 3 цикла наблюдений на частотах 1665, 1667 МГц соответственно.

Однако радиоизлучение было обнаружено только в июле 1987 г., что свидетельствует о сильной переменности источника.

OH351.77—0.54. Этот источник является одним из мощных мазеров OH [4]. Основная деталь излучения наблюдается на лучевой скорости

—1 км/с и является переменной [4, 5]. В профиле радиолиний на 1665 и 1667 МГц имеются также слабые детали на скоростях —4 и —23 км/с.

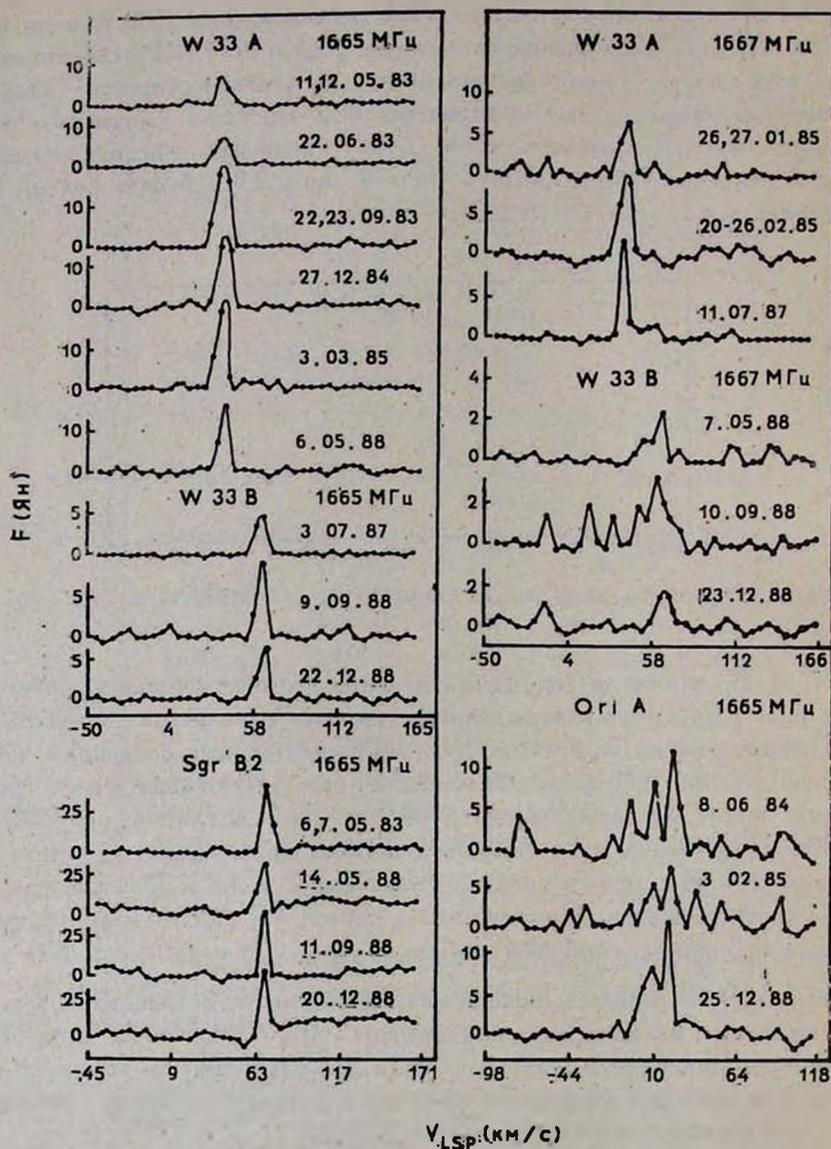


Рис. 2. Профиль радиолиний OH на частотах 1665 и 1667 МГц источников Ori A, Sgr B2, W 33A, B.

Нами проведено 6 и 5 циклов наблюдений на 1665, 1667 МГц соответственно в период с февраля 1985 г. по декабрь 1988 г.

Отметим, что на частоте 1667 МГц в профиле в основном доминирует деталь на -1 км/с . Однако в ноябре 1986 г. в профиле источника доминирует деталь на -23 км/с , интенсивность которой возросла почти в 5 раз по сравнению с ее интенсивностью, полученной в марте 1985 г., в то время как излучение на -1 км/с практически исчезло. В дальнейшем в спектре снова преобладает излучение на -1 км/с . В остальные даты наблюдений вид профилей идентичен. На рис. 3 приведены кривые блеска детали -1 км/с на частотах 1665 и 1667 МГц , откуда следует, что излучение мазера на 1665 МГц сильнее, чем на 1667 МГц . Кроме этого, ход кривых не коррелирован между собой, что, вероятно, является следствием определенной независимости процессов накачки этих переходов. Отметим также, что переменность излучения на частоте 1667 МГц проявляется сильнее, чем на частоте 1665 МГц .

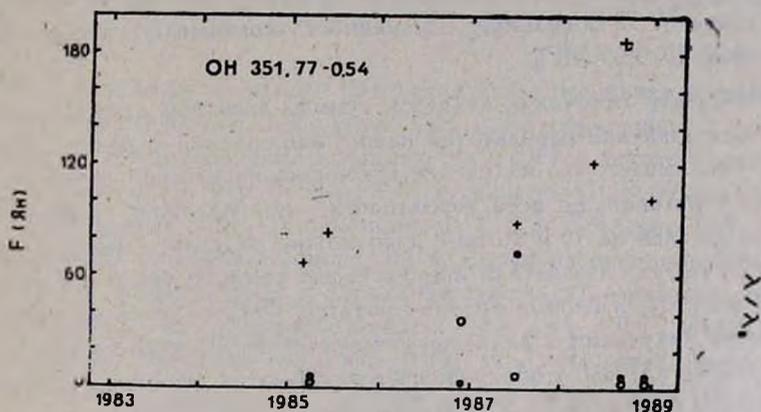


Рис. 3. Кривая блеска источника OH 351.77—0.54. (+) — переход на 1665 МГц , $V_{LSR} = -1 \text{ км/с}$; (●) — переход на 1667 МГц , $V_{LSR} = -1 \text{ км/с}$; (○) — переход на 1667 МГц , $V_{LSR} = -23 \text{ км/с}$.

Sgr B2. Из-за сравнительно низкого разрешения радиотелескопа по скоплению, группа источников *Sgr B2 N, M, S* одновременно попадает в диаграмму направленности радиотелескопа. Однако, согласно [6], основные детали профиля *Sgr B2* на частоте 1665 МГц в диапазоне лучевых скоростей $+63 \div +70 \text{ км/с}$ принадлежат группе источников *Sgr B2 S*. Поэтому, приведенные на рис. 2 профили, полученные нами в период с мая 1983 г. по декабрь 1988 г., по всей вероятности, принадлежат именно этой группе. Видно, что в промежутке май-декабрь 1988 г. плотность потока детали $+68 \text{ км/с}$ увеличилась примерно на 30%. Линия 1667 МГц на той же лучевой скорости наблюдается в поглощении.

Этот источник одновременно с наблюдениями в линии ОН наблюдался также в линии водяного пара, и в ноябре 1986 г. были зарегистрированы вспышки излучения на лучевых скоростях 56.2 и 65.6 км/с [7].

W 33 А, В. Источник состоит из двух центров излучения ОН: А и В. Вопросы переменности излучения в линии ОН исследовались в работах [2, 8, 9]. В частности, согласно [8, 9], W 33 А на частоте 1665 МГц показывает переменность на лучевых скоростях 36.5 и 39.7 км/с, в то время как, согласно [2], этот источник не является переменным.

На рис. 2 представлены профили радиолиний W 33 А, В на 1665 и 1667 МГц. Нетрудно убедиться, что источники А и В на этих частотах показывают сильную переменность. Иногда излучение отдельной детали профиля исчезает вовсе. Так, например, сильное излучение W 33 А детали на 39 км/с перехода 1667 МГц, начиная с мая 1988 г., отсутствует, а для перехода 1665 МГц излучение отсутствует 3.07.1987, 9.09.88, 22.12.88. В случае источника W 33 В сильную переменность показывают детали на 53 и 63 км/с перехода 1665 МГц.

W 49. Спектр источника является суммой спектров двух компонентов, N и S. Сопоставление результатов наших наблюдений с результатами работы [6] показывает, что излучение источника на лучевой скорости 4 км/с для обоих переходов, по всей вероятности, принадлежит компоненту N. Излучение деталей на 15 и 20 км/с невозможно разделить между компонентами N и S, так как эти детали присутствуют как в N, так и в S компоненте. Согласно [10], в период апрель—октябрь 1982 г. не была обнаружена переменность излучения в диапазоне скоростей 0÷25 км/с на частоте 1665 МГц. В работе [2] была обнаружена переменность детали 22 км/с на частоте 1665 МГц и деталей 13.2, 16.9, 21.2 км/с на 1667 МГц.

Из кривых блеска W 49 (рис. 4) следует: во-первых, на частоте 1667 МГц излучение детали 4 км/с сильнее, чем на 20 км/с, в то время как на 1665 МГц излучение 4 км/с слабее, чем на 15 км/с; во-вторых, переменность деталей на обеих частотах не коррелирована. Следует также отметить, что если в линии водяного пара переменность излучения W 49 часто носит вспышечный характер [3, 11], то в радиолиниях ОН переменность более спокойная.

W 51. Переменность излучения этого объекта исследовалась в работах [2, 12]. В частности, были обнаружены переменности деталей 57.8, 59.3 км/с на частоте 1665 МГц. В указанных работах излучение линии 1667 МГц не было обнаружено, в случае же наших измерений этот переход наблюдается в поглощении. На рис. 1 приведена кривая блеска детали 58 км/с, откуда видно, что источник в среднем показывает слабую переменность в указанный период наблюдений.

ОН—2. Излучение этого источника на частоте 1665 МГц нами обнаружено только в декабре 1988 г., а в остальные даты наблюдений оно было ниже порога обнаружения радиотелескопа.

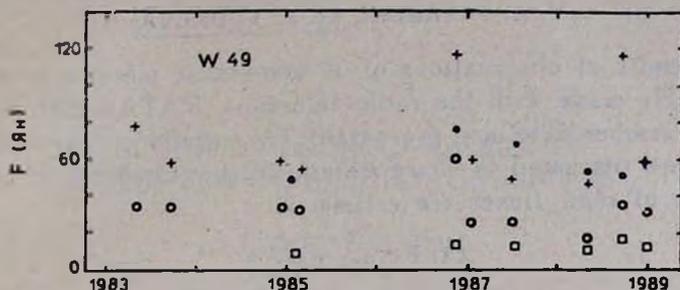


Рис. 4. Кривая блеска источника W49. (○) — переход на 1665 МГц, $V_{LSR} = 4$ км/с; (+) — переход на 1665 МГц, $V_{LSR} = 15$ км/с; (●) — переход на 1667 МГц; $V_{LSR} = 4$ км/с; (□) — переход на 1667 МГц, $V_{LSR} = 20$ км/с.

GGD 37. Свойства мазерного излучения этого источника в линиях гидроксила мало исследованы. Излучение ОН было обнаружено в 1978 г. [13], а результаты наблюдений в линиях H_2O , ОН и других молекул приводились в работах [3, 14]. Вспышечная активность GGD 37 в линии H_2O исследовалась в ряде работ (см., например, [15]). Согласно [16, 17], мазерное излучение в главных линиях ОН является переменным. Более того, в конце 1984 г. и начале 1985 г. была обнаружена вспышка излучения перехода 1665 МГц на лучевой скорости -8.9 км/с [16]. Максимальная плотность потока излучения вспышки достигла 25 Ян, после чего начался медленный спад излучения. К сожалению, наши наблюдения не охватывают период вспышки источника. Сопоставление этих результатов свидетельствует, что, по всей вероятности, послевспышечный период продолжается по крайней мере до октября 1988 г.

Как отмечалось в [1], обсуждению результатов одновременных наблюдений мазерных источников в линиях молекул H_2O и ОН будет посвящена отдельная статья.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Ереванский государственный
университет

THE RESULTS OF OBSERVATIONS OF MASER EMISSION IN THE MAIN LINES OF OH MOLECULE. II. NON-STELLAR MASERS

I. V. GOSACHINSKI, R. A. KANDALIAN, F. S. NAZARETIAN,
V. A. SANAMIAN, N. A. YUDAEVA

The results of observations of 30 non-stellar maser sources at 1665 and 1667 MHz made with the radio telescope RATAN-600 from April 1982 till December 1988 are presented. The results of observations for 11 sources are discussed in more detail, for the remaining 19 objects the upper limits of their fluxes are estimated.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. В. Госачинский, Р. А. Кандалян, Ф. С. Назаретян, В. А. Санамян, Н. А. Юдаева, Астрофизика, 32, 357, 1990.
2. W. T. Sullivan III, J. H. Kestholt, *Astron. and Astrophys.*, 51, 427, 1976.
3. Л. Э. Абрамян, А. П. Венгер, И. В. Госачинский, Р. А. Кандалян, Р. М. Мартиросян, Ф. С. Назаретян, В. А. Санамян, Н. А. Юдаева, Изв. Спец. астрофиз. обсерв. АН СССР, 24, 85, 1987.
4. J. L. Caswell, R. F. Haynes, *IAU Circ.*, № 3509, 1980.
5. J. L. Caswell, R. F. Haynes, *Aust. J. Phys.*, 36, 361, 1983.
6. R. A. Gaume, R. L. Mutel, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 65, 193, 1987.
7. И. В. Госачинский, Р. А. Кандалян, Ф. С. Назаретян, Н. А. Юдаева, *Астрофизика*, 30, 121, 1989.
8. B. E. Turner, *Astrophys. J.*, 157, 103, 1969.
9. B. J. Robinson, W. M. Goss, R. N. Manchester, *Aust. J. Phys.*, 23, 363, 1970.
10. В. Е. Велихов, А. В. Шевченко, Преп. № 837 ИКИ АН СССР, 1983.
11. Л. Э. Абрамян, А. П. Венгер, И. В. Госачинский, Р. А. Кандалян, Р. М. Мартиросян, В. А. Санамян, Н. А. Юдаева, *Астрофизика*, 19, 830, 1983.
12. J. Eilder, O. E. H. Rydbeck, A. Sunde, *Onsala Space Observ. Rep.*, № 117, 1979.
13. Н. И. Пащенко, Г. М. Рудницкий, О. Ф. Франкелен, Письма в Астрон. ж., 5, 517, 1979.
14. L. F. Rodriguez, J. M. Moran, P. T. P. Ho, E. W. Gottlieb, *Astrophys. J.*, 235, 845, 1980.
15. R. Mattila, M. Tortseva, T. Liljestrom, R. Asttla, L. Malkamaki, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 73, 209, 1988.
16. R. J. Cohen, G. C. Vrebner, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 216, 51p, 1985.
17. Е. Е. Лехт, Н. И. Пащенко, Г. М. Рудницкий, Р. Л. Сороченко, *Астрон. ж.*, 59, 276, 1982.