

УДК: 52—626

ПЕРЕМЕННОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ МАЗЕРНЫХ ИСТОЧНИКОВ
 H_2O НА ВОЛНЕ 1.35 СМ. III. НЕЗВЕЗДНЫЕ МАЗЕРЫИ. В. ГОСАЧИНСКИЙ, Р. А. КАНДАЛЯН, Ф. С. НАЗАРЕТЯН,
В. А. САНАМЯН, Н. А. ЮДАЕВА

Поступила 19 декабря 1989

Принята к печати 12 апреля 1990

Приведены результаты наблюдений 27 незвездных мазерных источников H_2O на волне 1.35 см, выполненных с помощью радиотелескопа РАТАН-600 в период с июня 1985 г. по декабрь 1988 г. Для 12 источников получены профили радиолинии в разные периоды наблюдений, для остальных 15 — верхние пределы потока излучения.

1. *Введение.* В работах [1—3] были представлены результаты спектральных наблюдений на волне 1.35 см, выполненных на радиотелескопе РАТАН-600 в период с мая 1981 г. по июнь 1985 г. В данной работе приводятся результаты наблюдений 27 незвездных мазерных источников, полученных в период 1985—1988 гг. При обсуждении переменности излучения W3 (OH), OgiA, W49 и W51 ранее полученные результаты наблюдений также будут нами использованы для полноты наблюдательного материала. Данные наблюдений GGD 25 и Sgt B2, полученных до 1987 г., нами подробно обсуждались в [3]. Поэтому здесь мы представим только результаты наблюдений за 1988 г.

2. *Результаты наблюдений.* В табл. 1 и 2 приведен список исследованных объектов. Ниже подробно будут обсуждаться результаты наблюдений тех мазерных источников, для которых наиболее полно определены параметры радиолинии за весь период наблюдений (1981—1988 гг.). Наряду с исследованием кривых блеска отдельных компонентов источников мы проведем также анализ переменности интегральной интенсивности спектра для диапазона скоростей ± 8 км/с относительно центральной детали. Подобный анализ позволит определить, носит ли переменность источника локальный или глобальный характер.

Таблица 1

ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ НЕЗВЕЗДНЫХ МАЗЕРОВ H_2O

Источник	Полоса обзора (км/с)	Максималь- ная плот- ность пото- ка (Ян)	Дата наблюдений
W3 (OH)	$-56 \div -40$	800	(20, 30, 31).05.1986, (1, 4).06.1986, (22, 24).02.1987, (7, 8).04.1988 и (16, 20).09.1988
Ori A	$-0.7 \div 15.5$	$2.1 \cdot 10^6$	(18, 19, 20).6.1985, (11, 12, 13, 15, 17).11.1985, (27, 28, 29, 31).01. 1986, (1-3, 7).04.1985, (12-18).11. 1986, (3-9).02.1987, (21-24).03. 1987, (16, 20, 26, 28).05.1987, (4, 5).07.1987, (11, 12).05.1988, (9, 10, 14-20).09.1988, (16, 17, 18, 20, 24), 12.1988
S 252	$+2 \div +18$	210	(18-20).05.1985, (8, 10).04.1986, (23, 24).11.1986, (16, 17, 18, 20).09. 1988, (17, 18).12.1988
GGD 25	$-87 \div -71$	1450	(9, 10).05.1988, (16, 19).09.1988, 23.12.1988
G 353.27+0.64	$-6 \div -44$	80	8.04.1986.
Sgr B2	$+55 \div +71$	270	(11, 12).05.1988, 20.09.1988, 18.12. 1988.
W 33 B	$+50 \div +66$	60	(11-13).11.1985, (9, 11).04.1986, (22-30).11.1986, (4, 5).05.1988, 16.09.1988, 21.12.1988.
W 43 M3	$+92 \div +108$	50	(25, 27).02.1986.
G 34.3+0.1	$+50 \div +66$	65	(22, 24, 25).02.1987.
W 49 N	$+3 \div +23$	$5 \cdot 10^4$	02.06.1985, (11, 14).11.1985, 11.04. 1986, 23.11.1985, (8, 20, 21, 26).02. 1987, (11, 12, 14, 16).05.1988, (15, 16, 19).09.1988, (17, 18).12.1988.
W 51 M, S	$+51 \div +69$	1750	9.04.1986, (18-21).11.1986, (13- 15).02.1981, (4, 5).05.1988, (17, 18 20).09.1988, 21.12.1988.
GGD 37	$-19 \div -1$	80	(20, 30).05.1986, (4, 5).06.1986, (12-15).02.1987, 16.09.1988.

Таблица 2

 ИСТОЧНИКИ БЕЗ ЗАМЕТНОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ H_2O

Источник	Полоса обзора (км/с)	Дата наблюдения
HH 7—11A	$-3.2 \div 12.8$	21.12.1988
HH 7—11B	$-3 \div +13$	24.12.1988
S 255	$+9 \div +25$	21.12.1988
S 269	$+11 \div +27.2$	4.02.1986, 2.04.1986, (18, 19, 21).11.1986, 24.12.1988
G 345.5+0.3	$-36 \div -20$	(27, 28).02.1986
G 352.62—1.06	$-12 \div +4$	(22, 23).11.1986
RCW 142	$+37 \div +53$	(27, 28).02.1986
W 43 M1	$+82 \div +98$	(18—21).11.1986
ON—1	$+5 \div +21$	24.12.1988
ON—2	$-16 \div 0$	23.12.1988
CRL 2591	$-32.5 \div -16.5$	18.12.1988
W 75 S	$-12.3 \div +3.9$	(22, 24, 26).02.1987
S 128	$-86.7 \div -70.5$	(30.05, 4.06).1986
GGD 32—35	$-18 \div -70.4$	(30, 31).05.1986
NGC 7538 IR	$-67 \div -51$	(29, 30).05.1986

W3 (OH). На рис. 1 представлен спектр источника, полученный в период 31.05. 1986 г.—20.09. 1988 г. Максимальное значение плотности потока ($\sim 13\,900$ Ян) было зарегистрировано в июне 1982 г. на лучевой скорости — 49.2 км/с. В дальнейшем это излучение начало уменьшаться и достигло ~ 600 Ян в апреле 1988 г. Одновременно с уменьшением плотности потока наблюдается увеличение значения лучевой скорости детали до — 48.2 км/с. Таким образом, значение лучевой скорости в среднем возрастает на 0.17 км/с в год. Возможно, что это изменение лучевой скорости вызвано переменностью блендированных компонентов детали. При этом нельзя исключить возможность того, что подобное изменение лучевой скорости может отражать реальную кинематическую картину этой детали. Действительно, то обстоятельство, что дрейф лучевой скорости происходит в одном направлении, а не случайным образом, говорит в пользу второго предположения. Окончательный ответ на этот вопрос можно получить только после интерферометрических наблюдений с высоким пространственным и спектральным разрешением.

Ори А. Вспышка излучения линии H_2O в этом источнике обсуждалась в ряде работ (см., например, [1, 4—8]). Здесь мы подробно обсудим ре-

зультаты наших наблюдений, охватывающих весь период наблюдений (июнь 1981 г.—декабрь 1988 г.). В спектре источника присутствуют детали на лучевых скоростях 6.9 и 7.9 км/с. В остальные даты наблюдений в спектре доминирует деталь на 7.5 км/с. На рис. 2а показано изменение

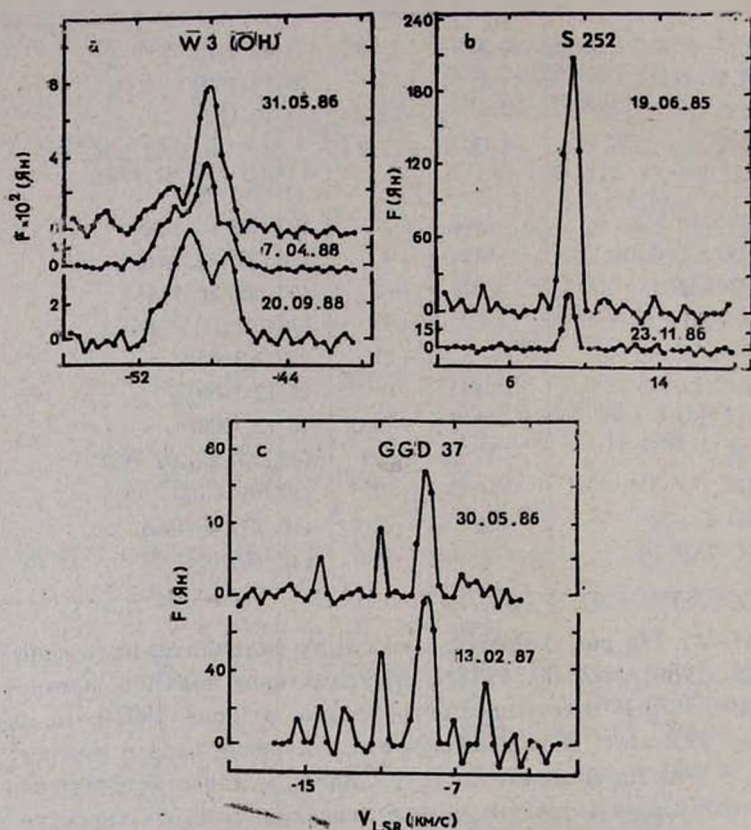


Рис. 1. Профили радиолнии H_2O источников W 3 (OH), S 252 и GGD 37.

во времени максимального значения плотности потока (левая ордината) и ширины линии (в гауссовом приближении) на уровне половинной интенсивности (правая ордината) детали на лучевой скорости 7.5 км/с Ori A, а на рис. 2b — изменение интегральной интенсивности источника для интервала скоростей $-0.7 \div +15.3$ км/с. Из рис. 2а, б следует, что, во-первых, переменности максимального значения плотности потока линии и ее ширины не коррелированы между собой; во-вторых, интегральная интенсивность источника и значение плотности потока в центре линии меняются практически одинаковым образом. Единственное различие состоит в том, что интегральная интенсивность в период с июня 1985 г. по апрель 1986 г. почти не менялась, в то время как максимальное значение потока

падает. Это различие обусловлено появлением мощного компонента в спектре источника на лучевой скорости 6.9 км/с.

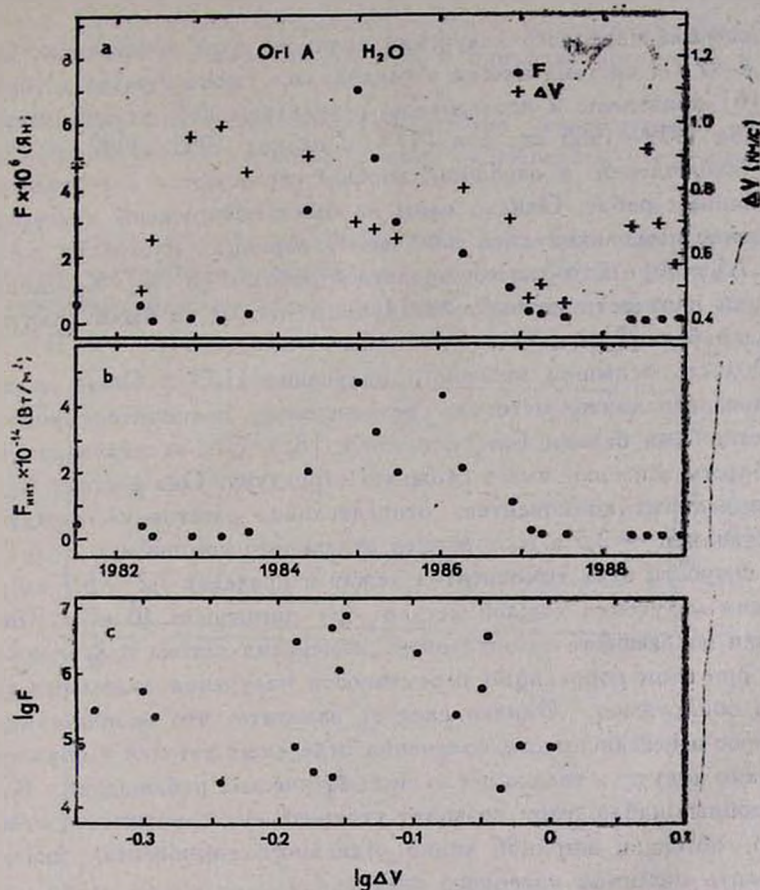


Рис. 2. Переменность максимального значения плотности потока (левая ордината) и ширины линии (правая ордината) Ogi A на лучевой скорости 7.5 км/с.

^{b)} Переменность интегральной интенсивности для интервала скоростей $-0.7 \div +15.3$ км/с Ogi A.

^{c)} Зависимость плотности потока от ширины линии детали 7.5 км/с Ogi A.

На рис. 2с представлена зависимость плотности потока от ширины линии детали на 7.5 км/с. Заметим, что в случае ненасыщенного механизма мазерного усиления логарифм плотности потока обратно пропорционален квадрату ширины линии, а в случае насыщенного усиления $\lg F \sim -2 \lg \Delta \nu$ (при столкновительных механизмах накачки) [9]. Приведенная на рис. 2с зависимость не соответствует ни первой, ни второй зависи-

мостям. Отметим также, что в период наших наблюдений наблюдался дрейф лучевой скорости 7.5 км/с в пределах ± 0.3 км/с. Переменность лучевой скорости не коррелирована с переменностями остальных параметров линии.

Вспышка мазерного излучения водяного пара в источнике Ogi A в течение 6—7 лет систематически исследовалась также в работах [6, 7]. В работе [6] приведены и исследованы результаты наблюдений, выполненных в период 1979—1985 гг., а в [7] — в период 1980—1987 гг. Результаты наших наблюдений, в основном, хорошо согласуются с результатами вышеуказанных работ. Однако нами не были обнаружены кратковременные (в течение нескольких дней или часов) вариации плотности потока детали на 7.5 км/с, о которых сообщалось в работах [6, 10]. Кратковременные вариации плотности потока вспыхнувшей детали не были подтверждены также в работе [7].

Область вспышки мазерного излучения H_2O в Ogi A неоднократно исследовалась также методом независимой радиointерферометрии со сверхдлинными базами (см., например, [8]). Эти исследования показали, что область вспышки имеет сложную структуру. Она состоит из нескольких компактных компонентов, относительное расстояние между которыми составляет ~ 2.5 а. е., а размер отдельного компонента ~ 0.1 а. е. Лучевые скорости этих компонентов лежат в пределах $7.2 \div 8.7$ км/с. Ширина линии излучения каждой детали не превышает 10 кГц. Компоненты вспышки показывают значительные изменения потока излучения и их яркости, при этом корреляции переменности излучения отдельных компонентов не обнаружено. Однако следует заметить, что окончательный ответ на вопрос о независимости излучения отдельных деталей в области вспышки можно получить только после систематических наблюдений. Кроме этого, подобные наблюдения позволяют уточнить вид зависимости между плотностью потока и шириной линии отдельного компонента, иначе говоря, определить механизм мазерного усиления.

Таким образом, учитывая результаты радиointерферометрических наблюдений, нетрудно убедиться, что приведенные на рис. 3 зависимости (а также аналогичные зависимости, представленные в работах [6, 7]) отражают суммарный вклад компонентов вспышки, которые не разрешаются с помощью одиночного радиотелескопа.

До сих пор нет определенной ясности в вопросах о механизме мазерного усиления вспыхнувшей детали и о механизме накачки мазерного перехода. Авторы работы [8] придерживаются мнения, что вспыхнувшая деталь в Ogi A работает в ненасыщенном, либо частично насыщенном режиме, а накачка мазерного перехода осуществляется радиационным способом (в качестве возможного источника накачки предполагается объект

IRC 4). Авторы указанной работы допускают также возможность столкновительного механизма накачки. Однако в работе [7], на наш взгляд, приведены довольно убедительные аргументы в пользу насыщенного механизма усиления и при этом легко объясняется переменность вспыхнувшей детали. Кроме этого, авторы этой работы показывают несостоятельность радиационного механизма накачки и приводят аргументы в пользу столкновительной накачки.

Дальнейшие систематические наблюдения вспыхнувшей области в Ogi A с высоким угловым и спектральным разрешением могут решить эти вопросы.

W 49 N. Часть результатов наблюдений для этого источника в линии водяного пара нами была представлена в работах [1, 2]. На рис. 3а приведено изменение максимального значения плотности потока и ширины линии детали на лучевой скорости 10.3 км/с (эта деталь присутствует на:

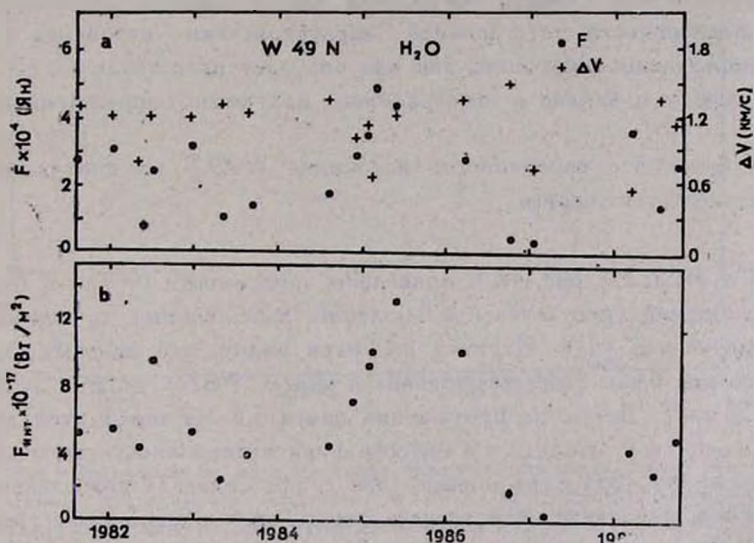


Рис. 3. а) Переменность максимального значения плотности потока (левая ордината) и ширины линии (правая ордината) W49N, на лучевой скорости 10.3 км/с.

б) Переменность интегральной интенсивности для интервала скоростей 3÷23 км/с W49N.

всех профилях источника, ее лучевая скорость меняется в пределах ± 0.6 км/с) за весь период наблюдений, а на рис. 3б — изменение интегральной интенсивности источника для интервала скоростей 3÷23 км/с. Какие характерные особенности можно выделить из этих зависимостей? Во-первых, кривая блеска для лучевой скорости 10.3 км/с состоит из главного максимума (март 1985 г.), вокруг которого расположены более слабые макси-

мумы. Время нарастания главного максимума составляет ~ 2 года и примерно за такое же время он падает. Если принимать за продолжительность вспышки время, за которое интенсивность излучения падает в два раза, то оно составляет ~ 1.5 года. Кривая блеска интегрального излучения имеет примерно такой же вид. Однако своего максимального значения она достигает не в марте 1985 г., а в конце июня. Во-вторых, если проследить за ходом главного максимума, то нетрудно заметить, что за время его нарастания ширина линии меняется мало. После того, как излучение начинает падать, ширина линии начинает возрастать.

Радиоинтерферометрические наблюдения W 49 N в линии водяного пара показали, что в этом объекте существует ряд скоплений мазерных источников, которые не разрешаются с помощью одиночных радиотелескопов [11]. Следовательно, результаты наших наблюдений подвержены эффекту блендирования деталей, который может вносить неопределенность при рассмотрении свойств конкретной детали спектра. Поэтому исследование переменности интегральной характеристики источника (рис. 3b) имеет определенное значение, так как оно дает представление об источнике в целом и о вкладе в интегральное излучение определенного компонента.

Отметим, что переменность источника W 49 N на протяжении более 7 лет исследуется впервые.

W 51 M, S. На рис. 4a, b приведены зависимости F , ΔV и $F_{\text{инт}}$ от даты наблюдения (результаты наблюдений, выполненных до апреля 1986 г., опубликованы в [1]). Из этих рисунков видно, что максимальная плотность потока была зарегистрирована в апреле 1982 г. вблизи лучевой скорости 56 км/с. Далее, на протяжении почти 5.5 лет поток этой детали менялся очень мало, между тем интегральная интенсивность источника в период с августа 1983 г. по ноябрь 1987 г. претерпевала значительные изменения. Отметим также, что за весь период наблюдений существенных изменений ширины линии детали на 56 км/с не наблюдалось. Небольшой дрейф (~ 0.4 км/с) лучевой скорости 56.0 км/с, по всей вероятности, обусловлен наложением нескольких деталей спектра [12, 13].

В работе [12] приведена интегральная кривая блеска для диапазона скоростей $55 \div 71$ км/с, полученная в период 1975—1978 гг. Интересно отметить, что вид этой кривой после максимума хорошо совпадает с тем, что изображено на рис. 4b. Создается впечатление, что в источнике W 51 M, S время от времени происходит вспышка излучения в указанном диапазоне скоростей (продолжительность вспышки составляет несколько месяцев), после чего наступает более спокойная фаза, которая продолжается несколько лет. Если в период 1975—1978 гг. интенсивность вспышки

примерно в 4 раза превосходила уровень спокойной фазы, то в период наших наблюдений это отношение составляет, по крайней мере, 16.

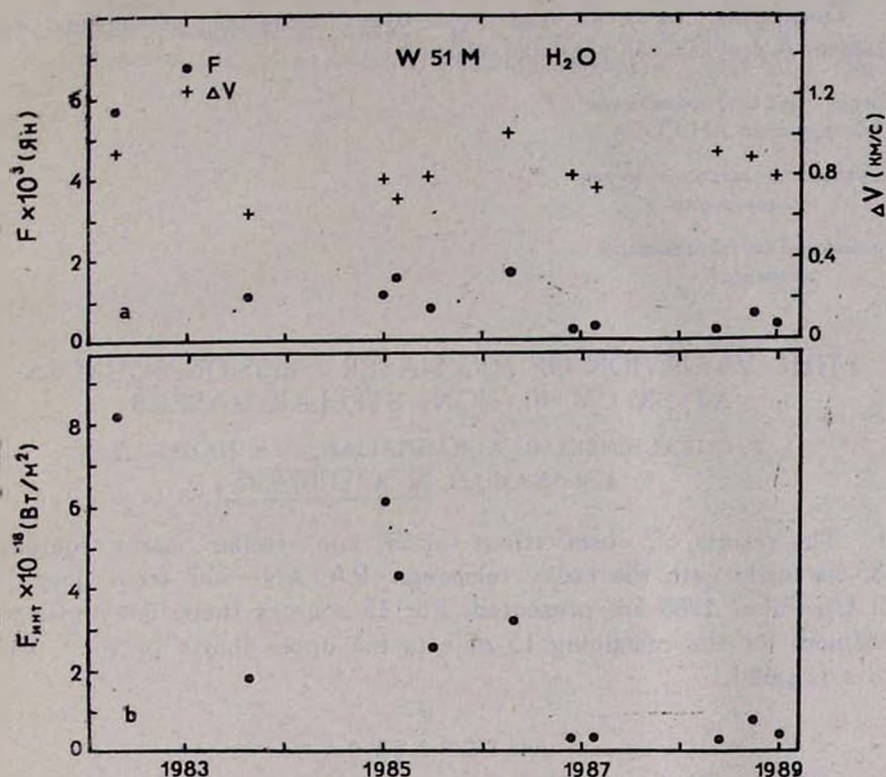


Рис. 4. а) Переменность максимального значения плотности потока (левая ордината) и ширины линии (правая ордината) W51 M, S на лучевой скорости 56 км/с.

б) Переменность интегральной интенсивности для интервала скоростей 51÷67 км/с W51 M, S.

Для остальных источников табл. 1 мы ограничимся только представлением профилей радиолинии в указанные даты наблюдений (рис. 1), так как результаты наблюдений источников GGD 25 и Sgr B2 нами подробно обсуждались в [3], а результаты наблюдений других объектов частично отражены в [1]. Дальнейшие их наблюдения существенно не дополнили наблюдательный материал, так как эти источники в период наших наблюдений, в основном, показывали слабое мазерное излучение. Поэтому из наших наблюдений невозможно получить более или менее полную картину переменности этих объектов в линии водяного пара.

Данной работой мы завершаем опубликование результатов наблюдений мазерных источников H_2O и OH , выполненных с помощью радиотелескопа РАТАН-600.

Последняя статья из этой серии будет посвящена обобщению и обсуждению результатов этих наблюдений.

Специальная астрофизическая
обсерватория АН СССР

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

Ереванский государственный
университет

TIME VARIATION OF H_2O MASER EMISSION SOURCES AT 1.35 CM. III. NON—STELLAR MASERS

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

The results of observations of 27 non—stellar maser sources at 1.35 cm made with the radio telescope RATAN—600 from June 1985 till December 1988 are presented. For 12 sources their line profiles are obtained; for the remaining 15 objects the upper limits of their fluxes are estimated.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. И. В. Госачинский, Р. А. Кандалян, Ф. С. Назаретян, Н. А. Юдаева, Астрофизика 30, 121, 1989.
4. А. П. Венгер, И. В. Госачинский, Т. М. Егорова, Г. Н. Ильин, Р. А. Кандалян, Н. А. Юдаева, Письма в Астрон. ж., 7, 677, 1981.
5. Z. Abraham, N. L. Cohen, R. Opher, J. C. Raffaselli, S. H. Zick, Astron. and Astrophys., 100, L10, 1981.
6. Z. Abraham, J. W. S. Vilas Boas, L. F. del Clampo, Astron. and Astrophys., 167, 311, 1986.
7. G. Garay, J. M. Moran, A. D. Haschick, Astrophys. J., 338, 244, 1989.
8. Л. И. Матвеевко, Д. Грэм, Ф. Даймонд, Письма в Астрон. ж., 14, 1101, 1988.
9. В. С. Стрельницкий, Астрон. циркуляр, № 1465, 1, 1986.
10. Л. И. Матвеевко, Л. И. Коган, В. И. Костенко, Письма в Астрон. ж., 6, 505, 1980.

11. *R. C. Walker, D. N. Matsakis, J. A. Garcia-Barreto, Astrophys. J., 255, 128, 1982.*
12. *R. Genzel, D. Downes, J. M. Moran, K. J. Johnston, J. H. Spencer, L. I. Matveyenko, L. R. Kogan, V. I. Kostenko, B. Rönnöng, A. D. Haschick, M. J. Reid, R. C. Walker, T. S. Gluffrida, B. F. Burke, I. G. Moiseev, Astron. and Astrophys., 78, 239, 1979.*
13. *R. Genzel, D. Downes, M. H. Schneps, M. J. Reid, J. M. Moran, L. R. Kogan, V. I. Kostenko, L. I. Matveyenko, B. Rönnöng, Astrophys. J., 247, 1039, 1981.*