

РАДИОАСТРОНОМИЯ И АСТРОФИЗИКА

DOI: <https://doi.org/10.15407/rpra22.03.173>

УДК 524.5

PACS numbers: 95.85.Bh,
97.10.Bt, 98.38.Er

А. Н. ПАТОКА, В. М. ШУЛЬГА, А. В. АНТЮФЕЕВ, С. Ю. ЗУБРИН,
В. В. МЫШЕНКО, А. М. КОРОЛЕВ, В. И. ПОДЪЯЧИЙ

Радиоастрономический институт НАН Украины,
ул. Мистецтв, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: alekseypatoka@rian.kharkov.ua

ОБЛАСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕТАНОЛЬНЫХ МАЗЕРОВ КЛАССА II. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЛИНИИ CS ($J = 2 - 1$)

Предмет и цель работы: Исследуются статистические особенности излучения в линии CS ($J = 2 - 1$), метанольных мазеров класса II и инфракрасных источников в областях, ассоциируемых с метанольными мазерами класса II.

Методы и методология: Обзор выполнен на частоте излучения линии молекулы CS ($J = 2 - 1$), которая является индикатором областей плотного газа, где должны возникать условия для существования метанольных мазеров.

Результаты: Найден вид зависимостей $\log L_{CS} - \log L_{bol}$, $\log L_{meth} - \log L_{CS}$ и $\log L_{meth} - \log L_{bol}$ для источников, с которыми ассоциируются метанольные мазеры класса II. Показано, что в среднем излучение в линии CS ($J = 2 - 1$) в направлении метанольных мазеров класса II чаще регистрируется в тех источниках, которые ассоциируются с инфракрасными источниками с большей болометрической светимостью.

Заключение: Проведен обзор излучения в линии CS ($J = 2 - 1$) в направлении на области существования метанольных мазеров для северной небесной полусферы. Показаны статистические особенности излучения в линии CS ($J = 2 - 1$), метанольных мазеров класса II и инфракрасных источников.

Ключевые слова: метанольные мазеры, CS, плотные ядра, звездообразование

1. Введение

Характерным признаком областей звездообразования является мазерное излучение. Среди известных мазеры на молекулах метанола выделяются особой информативностью. В микроволновом диапазоне (от нескольких гигагерц до сотен гигагерц), в котором в настоящее время работает большое число радиотелескопов, может наблюдаться излучение на около двух десятках переходов. При этом создание инверсного состояния населенностей уровней энергии осуществляется двумя механизмами накачки – радиационным (метанольные мазеры класса II) и столкновительным (мазеры класса I) [1, 2]. Тем самым молекула метанола служит эффективным средством при изучении областей звездообразования, в которых могут существовать различные физические процес-

сы, связанные с аккрецией межзвездного вещества и приводящие к образованию плотных молекулярных ядер и биполярных потоков.

Традиционно поиск метанольных мазеров и исследование процессов, приводящих к их образованию, сопровождаются изучением связи свойств мазеров с другими физическими параметрами областей звездообразования. Поскольку массивные звезды формируются в компактных плотных ядрах, информацию о последних можно получить из наблюдений нескольких молекул с большой критической плотностью, например, молекул CS, NH₃ или HCN. Целый ряд таких исследований был предпринят для изучения массивных протозвезд, погруженных в плотный газ, на ранних стадиях их эволюции, при этом отбор объектов наблюдений осуществлялся с использованием разнообразных признаков областей звездообразования, таких как наличие инфракрасных (ИК) объектов, компактных и ультракомпактных областей H II, мазеров и т. п., (см., например, [3–11]). Во многих из них предпринимались попытки свя-

© А. Н. Патока, В. М. Шульга, А. В. Антюфеев,
С. Ю. Зубрин, В. В. Мышенко, А. М. Королев,
В. И. Подъячий, 2017

зять свойства открытых в областях звездообразования молекулярных мазеров с характеристиками излучения различных молекул, находящихся в близком к термодинамическому равновесию состоянии. В первую очередь это было сделано для мазеров на парах воды и SiO [12–15].

Существование двух классов метанольных мазеров, отличающихся механизмами накачки, расширили возможности анализа процессов формирования мазерного эффекта при звездообразовании. В работе [16] сделан обзор 111 источников (биполярных потоков и метанольных мазеров) в линиях CS ($J = 2 - 1$) и C³⁴S ($J = 2 - 1$). Этот обзор позволил предположить, что статистические характеристики областей существования метанольных мазеров класса I отличаются от тех, которые есть в центре биполярных выбросов и в областях формирования метанольных мазеров класса II. В работе [17] показано, что существуют отклонения от установленной классификации метанольных мазеров и, по-видимому, многие мазерные источники являются объектами смешанного типа.

За последние 20 лет число открытых метанольных мазеров увеличилось и появилось несколько детальных каталогов. В настоящей работе собрано большинство данных о характеристиках метанольных мазеров класса II, относящихся к северному полушарию небесной сферы. Это стало основой для осуществления обзора в направлении мазерных источников в линии CS ($J = 2 - 1$) и сравнительного анализа наблюдаемых характеристик спектров (а именно: интенсивности, ширины и центральной скорости) излучения линии CS ($J = 2 - 1$) и мазерного излучения молекулы метанола, а также сравнительного анализа светимостей источников в линии CS ($J = 2 - 1$) метанольных мазеров класса II и болометрической светимости плотных ядер, с которыми ассоциируются метанольные мазеры.

2. Выбор источников и наблюдения

Наблюдения были выполнены на радиотелескопе РТ-22 Крымской астрофизической обсерватории (Украина) с 2007 по 2013 гг. во время ежегодных осенних сеансов наблюдений (месяцы октябрь – ноябрь). Мы наблюдали молекулу CS на частоте 97.98 ГГц в направлении на области существования метанольных мазеров на различных переходах. Для исследований было отобрано 164 источника,

которые могли наблюдаться на радиотелескопе РТ-22 при углах места выше 40° (при более малых углах места ухудшалась точность наведения антенны, а также увеличивалось влияние поглощения в атмосфере, что приводило к увеличению времени наблюдения для достижения необходимого отношения сигнал/шум). Практически вся выборка находится на северной небесной полусфере, за исключением пяти источников, которые удовлетворяют указанному выше критерию отбора для радиотелескопа РТ-22. Источники отобраны из каталогов, составленных для разных мазерных переходов молекулы метанола [17–22], и содержат метанольные мазеры класса I и класса II. В настоящей работе приводятся результаты исследований только 119 источников в направлении на области существования метанольных мазеров класса II.

В наблюдениях линии CS ($J = 2 - 1$) использовалась разработанная в Радиоастрономическом институте НАН Украины криогенная приемная система, двухполосная шумовая температура которой не превышала 85 К [23]. Однополосная шумовая температура приемной системы за пределами атмосферы, зависящая от погодных условий и угла места источника, при наблюдениях в зенитном направлении составляла 500 ÷ 600 К. Калибровка осуществлялась стандартным методом [24]. Для спектрального анализа принимаемого излучения использовался фурье-спектроанализатор с полосой обзора 14 МГц [25] и спектральным разрешением 27.965 кГц, что соответствует измерению лучевой скорости с разрешением 0.085 км/с на частоте наблюдений. Все спектры были получены с использованием режима переключения луча (расстояние между лучами было примерно 10' по углу склонения). При этом в качестве опорной выбиралась позиция вне молекулярного ядра, в которой отсутствие излучения линии CS ($J = 2 - 1$) специально проверялось для каждого источника. Ширина главного луча телескопа на половине мощности равнялась 40", что определялось ежегодно при каждом цикле наблюдений по континуальным наблюдениям планет. Точность наведения антенны и сопровождения источника были не хуже 15" по азимуту и углу места, что периодически проверялось по наблюдению SiO мазеров. При анализе данных наблюдений учитывалось изменение эффективной поверхности антенны в зависимости от угла места источника, которое определялось по методике, описанной в работе [26].

3. Результаты наблюдений

3.1. Излучение в линии CS ($J = 2-1$)

Список исследуемых источников в направлении на точки существования метанольных мазеров класса II и результаты детектирования излучения молекулы CS ($J = 2-1$) приведены в табл. 1. В первой колонке приводится номер наблюдений; во второй и третьей – имя мазера, в направлении которого проводились наблюдения, и имя объекта, с которым ассоциируется мазер; в четвертой – экваториальные координаты, α и δ , на эпоху J2000; в пятой – лучевая скорость мазера, V_{LSR} , которая использовалась для наблюдений; в шестой – индикатор регистрации излучения в линии CS ($J = 2-1$) (Y – излучение обнаружено, N – не обнаружено); в седьмой – среднеквадратическое отклонение шума (СКО), при котором проводилась регистрация излучения; и в восьмой колонке приводятся ссылки на литературу, из которой была взята информация о метанольном мазере.

Линия излучения молекулы CS ($J = 2-1$) наблюдалась в 60 источниках (50 % от общего числа источников).

Обработка данных проводилась с использованием программы для обработки спектральных данных CASSIS* и наших оригинальных программ. Базовая линия корректировалась с использованием полиномов порядка меньше 3. Затем производилась аппроксимация наблюдаемых спектров функцией Гаусса. Параметры наблюдавшихся линий CS ($J = 2-1$) приведены в табл. 2. В соответствующих колонках приведены значения следующих параметров: V_{LSR} – лучевая скорость центра линии; FWHM – полуширина линии, определенная по уровню 0.5 от максимальной интенсивности T_{mb} , найденной с учетом зависимости коэффициента использования диаграммы направленности радиотелескопа РТ-22 от угла места наблюдаемого источника; а также S_{int} – интегральная интенсивность линии. В некоторых источниках линия имела сложную структуру с несколькими компонентами, которую мы аппроксимировали несколькими гауссианами. В этом случае в табл. 2 приводятся данные для всех компонентов.

Распределение количества источников в зависимости от наблюдаемой полуширины (FWHM)

линии CS ($J = 2-1$) показано на рис. 1. Общее количество источников – 48, среднее значение распределения – 3.96 ± 0.29 , медиана – 3.5 и стандартное отклонение – 2.0. Максимум распределения находится в пределе от 2 до 3 км/с. В наших наблюдениях выделяется группа из 4 источников с полушириной линии CS ($J = 2-1$) в пределах от 8 до 11 км/с. Один из них, номер 43 в табл. 1, имеет низкое соотношение сигнал/шум, из-за чего точность определения параметров линии была невысокой. Остальные три источника (номер 116, 118 и 119 в табл. 1) относятся к области звездообразования W51 и имеют признаки наличия крыльев или нескольких компонент в спектре, не разрешающиеся в наших наблюдениях.

3.2. Сравнение параметров линий CS ($J = 2-1$) и метанольных мазеров

Данные о метанольных мазерах класса II представлены в табл. 3. Кроме мазеров, в направлении которых проводились наблюдения, в таблице рассмотрены известные в литературе мазеры класса II, которые ассоциируются с наблюдаемым источником. Считалось, что метанольный мазер ассоциируется с источником, если он находится на расстоянии не более $20''$. В таблице приведены имя мазера и мазерный переход, лучевая скорость центра мазерной линии V_{LSR} , максимальная интенсивность линии S (верхняя строка в ячейке) и интегральная интенсивность S_{int} (нижняя строка в ячейке) (если данные отсутствуют, стоит прочерк). В последней колонке даются ссылки на литературу, из которой была взята информация о метанольных мазерах. Обычно данные об интегральной интенсивности не приводятся в литературе, в которой есть данные о параметрах мазерных линий, поэтому в нижней строке в ячейке даются также ссылки на литературу, из которой была взята информация об интегральных интенсивностях мазеров. Знак “*” означает, что с использованием параметров мазерной линии рассчитана интегральная интенсивность в предположении, что форма линии близка к гауссиане. В исследуемых источниках присутствуют в основном метанольные мазеры класса II на переходе $5_1 - 6_0 A^+$ (6.7 ГГц) (117 источников). С выбранными источниками ассоциируются также метанольные мазеры на переходах: $2_0 - 3_{-1} E$ (12.2 ГГц) (21 источник), $7_{-2} \rightarrow 8_{-1} E$ (37.7 ГГц) (1 источник), $2_1 - 3_0 E$ (19.967 ГГц) (1 источник), $9_2 - 10_1 A^+$

*Программное обеспечение CASSIS разработано в IRAP-UPS/CNRS <<http://cassis.irap.omp.eu>>

Таблица 1. Список источников и результат детектирования излучения в линии CS ($J = 2 - 1$)

Номер наблюдений	Имя мазера	Имя ассоциируемого объекта	α и δ (J2000)	V_{LSR} , км/с	Обнаружение	СКО, К	Литература
3	121.28+0.65	L1287	00 36 42.2 +63 28 30.0	-22.4	Y	0.39	[19]
4	121.298+0.659	IRAS 00338+6312	00 36 47.5 +63 29 02.0	-17.54	Y	0.44	[18]
6	G123.07-6.31	NGC281-W, 00494+5617	00 52 23.9 +56 33 45.0	-30.7	Y	0.60	[20]
9	136.84+1.12		02 49 23.1 +60 46 26.0	-45.1	N	0.54	[19]
13	174.19-0.09	AFGL 6366S	05 30 42.0 +33 47 14.0	2.1	N	0.31	[19]
15	05358+3543	S231	05 39 12.91 +35 45 54.0	-16.67	Y	0.67	[17]
16	G173.58+2.44	IRAS 05361+3539	05 39 27.5 +35 40 43.0	-16.79	Y	0.49	[20]
17	173.71+2.35		05 39 27.6 +35 30 58.0	-14.0	N	0.33	[19]
20	173.69+2.87		05 41 33.8 +35 48 27.0	-24.1	Y	0.23	[19]
21	203.05-14.5	NGC2024_FIR4	05 41 44.2 -01 54 44.9	-1.0	Y	0.89	[19]
25	183.34+0.59		05 51 06.0 +25 45 45.0	-4.8	N	0.46	[19]
26	183.348-0.577	IRAS 05480+2545, L1617	05 51 10.6 +25 46 14.0	-9.79	Y	0.56	[18]
27	189.78+0.34	S252A	06 08 34.5 +20 38 50.0	6.0	Y	0.31	[19]
28	189.03+0.76	AFGL 6366S	06 08 36.1 +21 30 28.0	9.2	N	0.54	[19]
29	G188.9	IRAS 06056+2131, AFGL 6466	06 08 41.1 +21 31 03.6	2.8	Y	0.77	[17]
30	188.95+0.89	AFGL 5180S252	06 08 53.35 +21 38 28.7	11.0	Y	0.56	[19]
31	188.79+1.02	IRAS 06061+2151, AFGL 5182	06 09 06.5 +21 50 26.0	-5.5	Y	0.22	[19]
32	192.60-0.05	S255	06 12 54.0 +17 59 23.0	5.0	Y	0.48	[19]
34	196.45-1.68	S269	06 14 37.06 +13 49 37.0	15.0	N	0.60	[19]
36	202.92+1.47	NGC2264	06 38 24.9 +09 32 28.0	8.0	N	0.81	[19]
38	31.16+0.06		18 47 59.6 -01 32 37.0	40.8	N	0.58	[19]
40	31.58+0.08		18 48 44.3 -01 11 18.0	98.4	N	0.54	[19]
42	32.03+0.06	IRAS 18470-0049	18 49 37.3 -00 45 47.0	92.8	Y	0.29	[19]
43	32.74-0.08		18 51 22.8 -00 12 15.0	39.0	Y	0.43	[19]

Продолжение таблицы 1

Номер наблюдений	Имя мазера	Имя ассоциируемого объекта	α и δ (J2000)	V_{LSR} , км/с	Обнаружение	СКО, К	Литература
45	33.09–0.07	IRAS 18494+0002	18 51 58.9 +00 07 27.0	96.0	N	0.42	[19]
47	33.13–0.09	IRAS 18495–0002	18 52 07.1 +00 07 56.0	73.0	N	0.75	[19]
48	33.40+0.01	IRAS 18497+0022	18 52 10.6 +00 25 09.0	105.0	N	0.51	[19]
51	33.86+0.01	IRAS 18504–0044	18 53 05.2 +00 49 36.0	64.0	N	0.63	[19]
53	G34.26+0.15		18 53 16.4 +01 15 07.0	58.04	Y	0.58	[21]
54	G34.41+0.24		18 53 17.9 +01 25 25.0	58.18	Y	0.50	[21]
55	34.39+0.24	IRAS 18507+0121	18 53 21.5 +01 24 9.0	55.8	Y	0.58	[19]
56	34.24+0.13	IRAS 18507+0110	18 53 21.5 +01 13 43.0	55.0	Y	0.50	[19]
58	33.74–0.15	IRAS 18509+0035	18 53 26.9 +00 39 01.0	53.6	N	0.61	[19]
59	33.64–0.21	IRAS 18509+0027	18 53 28.7 +00 31 58.0	60.3	N	0.63	[19]
60	34.10+0.01	IRAS 18509–0058	18 53 31.9 +01 02 26.0	55.9	N	1.00	[19]
61	W44	IRAS 18507+0110, Mol_75	18 53 37.7 +01 50 25.4	56.41	Y	0.81	[17]
62	33.68–0.26		18 53 45.2 +00 32 47.0	62.6	N	0.65	[19]
63	35.02+0.35	IRAS 18515+0157	18 54 00.6 +02 00 50.0	44.0	Y	0.71	[19]
64	37.40+1.52		18 54 10.5 +04 40 49.0	41.1	Y	0.74	[19]
65	37.427+1.518	Mol_76	18 54 13.8 +04 41 32.0	43.97	Y	0.61	[18]
66	34.74–0.09	IRAS 18526+0130	18 55 03.4 +01 34 17.0	52.9	N	0.62	[19]
67	36.10+0.56	IRAS 18527+0301	18 55 15.6 +03 04 42.0	73.0	N	0.37	[19]
72	G35.79–0.17	IRAS 18547+0223	18 57 16.7 +02 27 56.0	61.52	Y	0.68	[21]
74	36.70+0.09	IRAS 18554+0319	18 58 00.9 +03 23 30.0	53.3	N	0.62	[19]
75	35.20–0.74		18 58 12.7 +01 40 50.0	28.0	Y	0.47	[19]
76	37.60+0.42	IRAS 18559+0416	18 58 28.5 +04 20 34.0	85.8	N	0.54	[19]
77	37.02–0.03	IRAS 18563+0332	18 58 59.9 +03 37 40.0	78.8	N	0.66	[19]
79	37.54+0.21	IRAS 18566+0408	18 59 11.6 +04 12 08.0	83.7	Y	0.40	[19]

Продолжение таблицы 1

Номер наблюдений	Имя мазера	Имя ассоциируемого объекта	α и δ (J2000)	V_{LSR} , км/с	Обнаружение	СКО, К	Литература
80	34.78–1.38		18 59 44.7 +01 01 12.0	46.9	Y	0.56	[19]
81	37.47–0.11		19 00 06.7 +03 59 27.0	58.4	N	0.68	[19]
82	37.52–0.10	IRAS 18577+0358	19 00 14.4 +04 02 35.0	62.6	N	0.69	[19]
83	39.10+0.48	IRAS 18585+0538	19 00 59.5 +05 42 28.0	15.3	N	0.46	[19]
84	38.20–0.08		19 01 22.8 +04 39 10.0	79.8	N	0.68	[19]
85	38.26–0.08	IRAS 18590+0437	19 01 28.7 +04 42 02.0	15.4	N	0.54	[19]
86	38.10–0.21	IRAS 18592+0426	19 01 47.6 +04 30 32.0	69.4	N	0.58	[19]
87	38.03–0.30	IRAS 18593+0419	19 01 50.0 +04 23 54.0	55.7	N	0.72	[19]
88	40.41+0.70		19 02 37.9 +06 58 25.0	15.6	N	0.53	[19]
89	38.91–0.35		19 03 40.0 +05 09 29.0	32.3	Y	0.81	[19]
90	G39.39–0.14	IRAS 19012+0536	19 03 45.3 +05 40 43.0	65.62	N	0.52	[21]
91	40.25–0.19	IRAS 19031+0621	19 05 40.6 +06 26 08.0	74.0	N	0.40	[19]
93	41.10–0.22		19 07 13.8 +07 09 44.0	63.4	N	0.55	[19]
94	41.21–0.19		19 07 19.6 +07 16 45.0	57.1	N	0.53	[19]
95	42.07+0.24		19 07 20.8 +08 14 12.0	12.5	N	0.67	[19]
96	41.34–0.14	IRAS 19049+0720	19 07 21.87 +07 25 17.34	14.0	N	0.49	[19]
98	43.15+0.02	W49N	19 10 9.7 +09 05 35.0	13.0	Y	0.55	[19]
99	W49N	IRAS 19078+0901	19 10 13.4 +09 06 14.3	15.57	Y	0.72	[17]
102	43.02–0.44		19 11 36.0 +08 46 03.0	54.8	N	0.79	[19]
103	S76E	IRAS 19093+0841	19 11 38.9 +08 46 38.0	33.3	N	0.37	[17]
105	45.07+0.13		19 13 22.4 +10 50 45.0	58.0	N	0.51	[19]
106	45.49+0.13	G45.49, IRAS 19117+1107	19 14 10.1 +11 13 05.0	57.0	Y	0.31	[19]
107	45.44+0.07		19 14 17.4 +11 08 45.0	50.0	Y	0.49	[19]
108	43.87–0.77	G43.89	19 14 23.4 +09 22 14.0	47.4	Y	0.47	[19]

Продолжение таблицы 1

Номер наблюдений	Имя мазера	Имя ассоциируемого объекта	α и δ (J2000)	V_{LSR} , км/с	Обнаружение	СКО, К	Литература
109	G45.80-0.36		19 16 31.1 +11 16 11.0	58.06	Y	0.49	[21]
110	49.38+0.33		19 20 53.3 +14 45 41.0	-12.4	N	0.44	[19]
111	50.00+0.59		19 21 10.5 +15 25 42.0	-5.0	N	0.29	[19]
112	50.29+0.69	IRAS 19191+1538	19 21 22.2 +15 43 43.0	29.9	N	0.47	[19]
115	49.55-0.25		19 23 23.5 +14 37 52.0	62.8	N	0.52	[19]
116	W51N	IRAS 19213+1424	19 23 37.24 +14 31 07.9	60.0	Y	0.69	[17]
117	45.472-0.371	W51-Met5	19 23 38.08 +14 30 04.9	66.72	Y	0.67	[18]
118	49.49-0.39	W51e1/e2, 19213+1424	19 23 44.5 +14 30 31.0	59.0	Y	0.75	[19]
119	W51-Met1	W51-Met1	19 23 43.88 +14 29 25.4	56.0	Y	0.69	[17]
120	49.57-0.38		19 23 53.6 +14 34 54.0	59.3	Y	0.43	[19]
123	49.66-0.45		19 24 19.7 +14 38 02.0	59.6	N	0.45	[19]
124	49.03-1.06		19 25 18.5 +13 46 59.0	35.5	N	0.70	[19]
126	53.01+0.12	IRAS 19266+1745	19 28 49.9 +17 51 14.0	10.0	N	0.46	[19]
127	53.032+0.117	IRAS 19266+1745	19 28 54.0 +17 51 56.0	6.1	Y	0.66	[18]
128	53.14+0.07		19 29 17.7 +17 56 20.0	23.8	Y	0.58	[22]
129	53.62+0.02	IRAS 19282+1814	19 30 25.3 +18 20 20.0	18.7	Y	0.32	[19]
130	52.66-1.09	IRAS 19326+1656	19 32 35.3 +16 57 33.0	65.0	N	0.59	[19]
131	58.75+0.65	IRAS 19366+2301	19 38 43.9 +23 07 54.0	34.0	N	0.45	[19]
132	59.84+0.66	Mol_110	19 40 59.4 +24 04 39.0	38.4	N	0.40	[19]
134	G59.78 + 0.06	IRAS 19410+2336	19 43 11.55 +23 43 54.0	22.59	Y	0.61	[17]
135	60.56-0.17		19 45 48.8 +24 17 22.0	3.6	N	0.40	[19]
137	70.12+1.72		20 00 49.6 +33 28 20.0	-26.5	N	0.47	[19]
140	73.04+1.80		20 08 04.6 +35 58 47.0	-2.5	N	0.34	[19]
141	75.062+1.797	Mol_116	20 08 09.7 +35 59 20.0	0.6	N	0.58	[18]

Окончание таблицы 1

Номер наблюдений	Имя мазера	Имя ассоциируемого объекта	α и δ (J2000)	V_{LSR} , км/с	Обнаружение	СКО, К	Литература
144	69.52–0.97	ON1	20 10 05.2 +31 30 55.0	15.1	Y	0.31	[19]
145	71.51–0.38		20 12 56.8 +33 30 05.0	10.7	N	0.97	[19]
146	Mol119	IRAS 20126+4104	20 14 25.23 +41 13 35.9	–3.5	Y	0.44	[17]
148	75.76+0.34	ON2	20 21 40.1 +37 25 37.0	–2.9	Y	0.39	[19]
149	75.772+0.343	ON2, G75C	20 21 44.41 +37 26 48.3	3.8	Y	0.64	[18]
151	78.62+0.98		20 27 26.8 +40 07 50.0	–39.0	N	0.40	[19]
153	79.75+0.99		20 30 50.9 +41 02 26.0	–4.0	N	0.35	[19]
155	80.85+0.43		20 36 47.8 +41 36 30.0	–4.1	Y	0.38	[19]
156	81.877+0.784	W75N, W75N (0.22")	20 38 36.74 +42 37 59.4	8.92	Y	0.44	[18]
158	81.722+0.572	DR21(OH), W75(OH)	20 39 0.62 +42 22 50.8	0.36	Y	0.55	[18]
159	81.76+0.59	W75S	20 39 03.5 +42 25 53.0	–1.0	Y	1.17	[19]
161	85.40–0.00		20 54 13.71 +44 54 07.9	–29.5	N	0.26	[19]
162	90.90+1.50	IRAS 21074+4949	21 09 03.7 +50 01 13.0	–70.5	N	0.58	[19]
166	94.58–1.79	GL2789	21 39 53.6 +50 13 38.0	–40.9	Y	0.23	[19]
169	98.02+1.44	IRAS 21413+5442	21 42 58.1 +54 55 46.0	–61.6	Y	0.31	[19]
172	108.18+5.51	L1206	22 28 52.0 +64 13 22.0	–10.9	Y	0.26	[19]
173	108.797+5.312	Mol_151	22 52 38.6 +60 00 56.0	–51.3	Y	0.33	[18]
174	109.86+2.10	СepA	22 56 18.1 +62 01 49.5	–2.5	Y	0.46	[19]
175	109.92+1.98		22 57 11.2 +61 56 03.0	–2.4	N	0.26	[19]
176	108.75–0.96	IRAS 22566+5830	22 58 40.3 +58 46 05.0	–45.7	Y	0.31	[19]
180	NGC7538 IR	NGC7538, S158	23 13 45.43 +61 28 09.7	–57.35	Y	0.89	[17]
181	G111.53+0.76	NGC7538, IRAS 1	23 13 44.7 +61 26 54.0	–56.91	Y	0.43	[20]
182	111.24–0.76	IRAS 23139+5939	23 16 05.40 +59 55 22.0	–38.5	Y	0.42	[19]

Таблица 2. Параметры линий CS ($J = 2-1$)

Номер наблюдений	V_{LSR} , км/с	FWHM, км/с	T_{mb} , К	S_{int} , Ян·км/с	Номер наблюдений	V_{LSR} , км/с	FWHM, км/с	T_{mb} , К	S_{int} , Ян·км/с
3	-18.23(0.07)	2.1(0.2)	2.9(0.9)	76.4	99	4.5(0.6)	7(1)	1.9(0.3)	165.3
	-16.12(0.07)	1.0(0.2)	2.0(0.8)	24.4		13.0(0.5)	8(1)	2.4(0.3)	225.2
4	-18.57(0.08)	2.1(0.3)	2.8(0.9)	71.4	106	62.0(0.4)	3(1)	0.9(0.6)	25.15
	-16.3(0.1)	1.2(0.3)	1.4(0.6)	21.2	107	58.3(0.2)	6.2(0.5)	2(1)	147.8
6	-30.8(0.1)	2.8(0.3)	2.6(0.9)	89.16	108	53.9(0.8)	5(2)	0.6(0.2)	35.3
15	-17.0(0.2)	2.4(0.4)	2.1(0.4)	61.95	109	59.2(0.3)	2.9(0.7)	1.1(0.7)	30.2
16	-16.3(0.1)	2.3(0.3)	1.9(0.3)	52.58	116	62.0(0.1)	9.6(0.3)	6(2)	504.6
20	-19.4(0.2)	2.4(0.4)	1.1(0.6)	25.68	117	58.5(0.9)	16(1)	4(2)	584.7
21	10.47(0.02)	1.75(0.05)	13(5)	227.2		61.9(0.3)	7(1)	4(2)	218.5
26	-9.5(0.1)	2.0(0.2)	2.9(0.4)	72.06	118	58.4(0.1)	10.1(0.3)	4.8(0.3)	599.1
27	8.8(0.1)	3.4(0.3)	1.6(0.2)	67.41	119	56.2(0.2)	9.1(0.4)	7(3)	540.1
29	3.0(0.2)	3.4(0.5)	2.0(0.3)	81.82	120	62.3(0.3)	6.1(0.7)	1.6(0.7)	95.08
30	3.35(0.04)	3.5(0.1)	5.2(0.3)	222.9	127	5.8(0.2)	1.3(0.4)	1.4(0.4)	22.56
31	-0.6(0.2)	2.9(0.6)	1.3(0.1)	44.99	128	21.6(0.1)	2.3(0.4)	3(1)	57.3
32	7.36(0.03)	2.72(0.06)	10(4)	253.1	129	23.3(0.3)	2.0(0.7)	1.2(0.6)	21.19
42	94.8(0.3)	6.0(0.5)	1.3(0.5)	79.21	134	22.1(0.1)	2.8(0.3)	4(2)	88.9
43	38.2(0.2)	8.4(0.3)	0.8(0.5)	67.71	144	12.0(0.2)	5.6(0.4)	1.9(0.8)	95.45
53	59.1(0.7)	9(1)	3(2)	198.9	146	-3.3(0.2)	2.2(0.5)	1.0(0.2)	26.42
	57.32(0.09)	3.8(0.3)	7(3)	281.3	148	-1.1(0.3)	4.3(0.7)	1.1(0.3)	62.34
54	57.5(0.1)	4.7(0.3)	3(1)	123.4	149	0.1(0.2)	5.1(0.4)	4(2)	156.3
55	57.6(0.2)	4.2(0.5)	3(1)	101.3	155	-3.06(0.07)	2.3(0.2)	1.3(0.1)	38.16
56	57.8(0.1)	4.9(0.3)	5(2)	217.1	156	9.4(0.1)	4.4(0.2)	2.3(0.3)	288.0
61	58.1(0.2)	2.7(0.5)	2(1)	57.1	158	-3.1(0.3)	6.3(0.8)	3(2)	171.7
63	53.1(0.1)	2.5(0.3)	4(2)	85.88		-4.4(0.1)	1.9(0.4)	3(2)	51.8
64	43.8(0.2)	3.7(0.4)	4(2)	139.7	159	-3.5(0.1)	4.0(0.3)	6(3)	226.8
65	44.2(0.2)	4.1(0.5)	1.7(0.3)	86.12	166	-44.0(0.2)	2.3(0.4)	1.1(0.6)	21.8
72	62.8(0.3)	2.9(0.7)	1.4(0.9)	39.91	169	-63.8(0.1)	3.2(0.3)	2(1)	66.3
75	33.3(0.2)	4.2(0.4)	2(1)	91.35	172	-9.6(0.2)	2.7(0.6)	1.6(0.7)	38.1
79	83.0(0.3)	3.0(0.7)	1.3(0.7)	37.9	173	-51.6(0.1)	3.5(0.3)	2.0(0.2)	87.06
	87.6(0.5)	4(1)	1.1(0.6)	41.2	174	-11.49(0.09)	3.6(0.2)	3.5(0.3)	156.7
80	46.0(0.4)	4(1)	0.9(0.2)	49.47	176	-50.83(0.07)	3.5(0.2)	4(2)	126.7
89	39.0(0.3)	3.2(0.7)	2(1)	57.44	180	-57.15(0.06)	4.0(0.1)	6.1(0.4)	302.8
98	3.3(0.4)	3.8(0.8)	2(1)	77.6	181	-53.3(0.2)	1.9(0.4)	1.4(0.3)	32.0
	8.1(0.5)	4(1)	1.9(0.9)	77.0		-56.84(0.09)	4.3(0.2)	4.6(0.3)	244.6
					182	-44.2(0.3)	3.7(0.7)	0.9(0.2)	42.94

Примечание. В скобках приведена погрешность.

(23.12 ГГц) (1 источник) и $3_1 \rightarrow 4_0 A^+$ (107 ГГц) (3 источника). Параметры этих мазеров тоже приводятся в таблице с указанием их перехода. В исследованиях для каждого источника использовались параметры мазеров на переходе

$5_1 - 6_0 A^+$, а если таковые в источнике отсутствуют, то на переходе $2_0 - 3_{-1} E$.

На рис. 2 показано распределение количества источников в зависимости от смещения центров линий CS ($J = 2-1$) и метанольных мазеров клас-

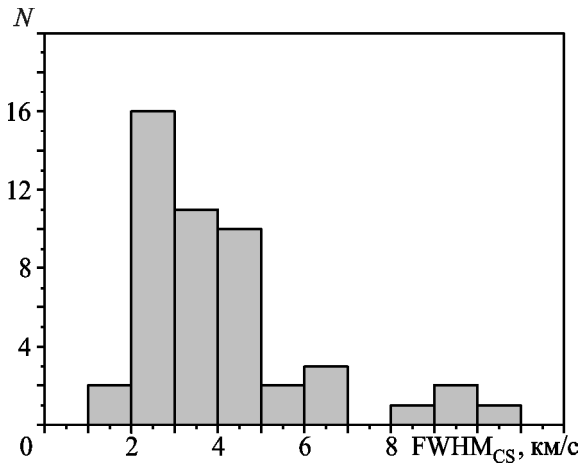


Рис. 1. Распределение наблюдаемой FWHM линии CS ($J = 2 - 1$)

са II на переходе $5_1 - 6_0 A^+$ (6.7 ГГц). Общее количество источников в распределении – 52, среднее значение распределения – 0.38 ± 0.45 , медиана – 0.82 и стандартное отклонение – 3.23. Максимум распределения находится в пределах от 1 до 2. Только 29 % источников попадают в пределы от -1 до 1 . Это означает, что излучение мазеров и линии CS ($J = 2 - 1$), скорее всего, происходит из одной и той же области. Остальные хотя и находятся на луче зрения радиотелескопа, но имеют лучевые скорости, значительно отличающиеся от лучевых скоростей центра линии CS ($J = 2 - 1$). Это может указывать на то, что мазеры находятся в областях, не связанных с областями излучения молекулы CS. В дальнейшем мы будем использовать условие $-1 \leq \frac{V_{CS} - V_{meth}}{FWHM_{CS}} \leq 1$, где V_{CS} – лучевая скорость центра линии CS ($J = 2 - 1$), V_{meth} – лучевая скорость метанольного мазера, $FWHM_{CS}$ – полуширина линии CS ($J = 2 - 1$), как критерий отбора источников, в которых излучение в линии CS и метанольных мазеров происходит из одной и той же области.

3.3. Светимости

Данные об исследуемых областях звездообразования показаны в табл. 4. В ней приведены расстояние до области, d , взятое из указанного литературного источника (колонки 2 и 3); болометрическая светимость ИК источников, L_{bol} , ассоциируемых с мазерами, (колонки 4 и 5); светимость наблюдаемого источника в линии CS ($J = 2 - 1$), L_{CS} , (колонка 6) и светимость метанольных ма-

зеров, L_{meth} , (колонка 7), рассчитанные в предположении изотропного излучения (в скобках указан мазерный переход, для которого рассчитана светимость). Индекс “π” возле значения расстояния указывает на то, что расстояние измерено по параллаксу мазеров.

ИК источник считался ассоциируемым с мазером, если он удален от мазера не более чем на $90''$. Если с мазером ассоциируется несколько ИК источников и для каждого из них известна их ИК светимость, то в табл. 4 приводится их сумма (в таблице эти светимости обозначены знаком “+”). Знак “*” возле светимости означает, что используя данные об интегральной плотности потока и расстоянии до областей звездообразования, взятые из литературы, мы рассчитали болометрическую светимость по формуле

$$\frac{L_{bol}}{L_{\odot}} = 4\pi S_{int}(IR)d^2, \quad (1)$$

где L_{\odot} – болометрическая светимость Солнца, Вт; $S_{int}(IR)$ – интегральная плотность потока от ИК источника, Вт/м². В этом случае ссылка в пятой колонке указывает на статью, из которой взяты данные об интегральной плотности потока ИК источника.

Светимость излучения источника в линии CS ($J = 2 - 1$) рассчитывалась по формуле

$$\frac{L_{CS}}{L_{\odot}} = 4\pi \frac{v_0}{c} S_{int}(CS) \cdot 10^{-23} d^2, \quad (2)$$

где v_0 – частота наблюдений; c – скорость света; $S_{int}(CS)$ – интегральная плотность потока наблюдаемого источника в линии CS ($J = 2 - 1$), Ян · км/с. Светимости в линии CS ($J = 2 - 1$) рассчитаны в предположении изотропного излучения для тех же расстояний, для которых приведены ИК светимости.

Для источников со сложным профилем линии CS ($J = 2 - 1$) светимость в этой линии не рассчитывалась.

Светимость мазера L_{meth} рассчитана в предположении изотропного излучения для тех же расстояний, для которых приведены ИК светимости. Светимость излучения метанольного мазера рассчитана по формуле

$$\frac{L_{meth}}{L_{\odot}} = 4\pi \frac{v_0}{c} S_{int}(meth) \cdot 10^{-23} d^2, \quad (3)$$

Таблица 3. Параметры метанольных мазеров класса II

Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литература	Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литература
3	121.28+0.65 $5_1-6_0A^+$	-22.4	14 7.6	[19] [27]	34	196.45-1.68 $5_1-6_0A^+$	15	61 37.9	[19] [27]
4	00338+6312 $5_1-6_0A^+$	-23.03	21 6.4	[28] *		S269 $2_0-3_{-1}E$	15.2	-	[31]
6	123.06-6.31 $5_1-6_0A^+$	-29.1	24 -	[22] -	36	202.92+1.47 $5_1-6_0A^+$	8.0	0.07 -	[19] -
9	136.84+1.12 $5_1-6_0A^+$	-45.1	21 11.1	[19] [27]	38	31.16+0.06 $5_1-6_0A^+$	40.8	2.9 1.8	[19] [27]
13	174.19-0.09 $5_1-6_0A^+$	2.1	94 56.8	[19] [27]	40	31.58+0.08 $5_1-6_0A^+$	98.8	3.1 4.6	[33] [33]
15	173.49+2.42 $5_1-6_0A^+$	-13.6	256 198.6	[19] [27]	42	32.05+0.06 $5_1-6_0A^+$	93.2	141 195.7	[33] [33]
16	G173.59+02.44 $2_0-3_{-1}E$	-31.6	- 6.8	- [29]	43	32.74-0.08 $5_1-6_0A^+$	39	47.0 70.8	[19] [27]
17	173.71+2.35 $5_1-6_0A^+$	-14.0	5 -	[19] -	45	33.10-0.06 $5_1-6_0A^+$	104.2	24.4 35.4	[33] [33]
20	173.69+2.87 $5_1-6_0A^+$	-24.1	7.5 3.0	[19] [27]	47	33.13-0.09 $5_1-6_0A^+$	73.1	16.3 19.6	[33] [33]
21	203.05-14.5 $5_1-6_0A^+$	-1.0	1.5 -	[19] -		33.13-0.09 $2_0-3_{-1}E$	73.1	0.6 -	[34] -
25	183.34+0.59 $5_1-6_0A^+$	-4.8	18 19.3	[19] [27]	48	33.39+0.03 $5_1-6_0A^+$	105	31.0 19.6	[33] [33]
26	05480+2545 $5_1-6_0A^+$	-4.89	17 6.2	[28] *	51	33.86+0.01 $5_1-6_0A^+$	64	3.0 3.6	[33] [33]
27	189.78+0.34 $5_1-6_0A^+$	6.0	15 -	[19] -	53	34.25+0.16 $5_1-6_0A^+$	57.8	32.4 25.8	[33] [33]
28	189.03+0.76 $5_1-6_0A^+$	9.2	19 11.7	[19] [27]	54	34.40+00.23 $5_1-6_0A^+$	55.8	27 -	[22] -
29	06056+2131 $5_1-6_0A^+$	8.8	12.7 4.1	[28] *	55	34.40+0.21 $5_1-6_0A^+$	55.7	19.5 18.9	[33] [33]
	G188.946+0.886 $2_0-3_{-1}E$	10.9	225 150	[30] [30]	56	34.24+0.13 $5_1-6_0A^+$	55.4	20.8 15.1	[33] [33]
30	188.95+0.89 $5_1-6_0A^+$	11.0	495 461.5	[19] [27]		34.24+0.13 $2_0-3_{-1}E$	61.2	0.9 -	[34] -
	06058+2138 $2_0-3_{-1}E$	10.9	91.2 88.5	[29] [29]			55.4	0.4 -	[34] -
31	188.79+1.02 $5_1-6_0A^+$	-5.5	4.8 3.6	[19] [27]	58	33.7-0.15 $5_1-6_0A^+$	53.6	1.4 1.1	[33] [33]
32	192.60-0.05 $5_1-6_0A^+$	5.0	72 48.8	[19] [27]	59	33.64-0.21 $5_1-6_0A^+$	60.3	108.7 154.6	[33] [33]
	S255 $2_0-3_{-1}E$	4.7	-	[31]		G33.64-0.21 $2_0-3_{-1}E$	58.6	89.4 21.7	[29] [29]
	192.600-0.048 $3_1-4_0A^+$	4.2	5.8 -	[32] -	60	34.10+0.01 $5_1-6_0A^+$	55.9	4.8 5.5	[33] [33]

Продолжение таблицы 3

Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литера- тура	Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литера- тура
61	34.82+0.35 $5_1-6_0A^+$	59.7	0.24 0.1	[35] [35]	82	37.53-0.11 $5_1-6_0A^+$	50.0	5.8 8.8	[33] [33]
62	33.68-0.26 $5_1-6_0A^+$	62.6	68.0 109.1	[19] [27]		18577+0358 $2_0-3_{-1}E$	61.8	9.8 5.6	[29] [29]
63	35.02+0.35 $5_1-6_0A^+$	44.2	38.9 33.8	[33] [33]	83	39.10+0.48 $5_1-6_0A^+$	15.3	15.3 23.3	[33] [33]
64	37.40+1.52 $5_1-6_0A^+$	41.1	279 161.5	[19] [27]	84	38.20-0.08 $5_1-6_0A^+$	79.8	8.4 12.0	[33] [33]
65	18517+0437 $5_1-6_0A^+$	39.64	1.33 1.4	[28] [28]	85	38.26-0.08 $5_1-6_0A^+$	15.4	7.9 -	[33] -
		41.18	248 138.1	[28] [28]	86	38.12-0.24 $5_1-6_0A^+$	70.0	4.2 7.3	[33] [33]
		42.75	1.88 1.56	[28] [28]	87	38.03-0.30 $5_1-6_0A^+$	55.7	18.6 21.6	[33] [33]
		45.34	1.81 3.2	[28] [28]	88	40.41+0.70 $5_1-6_0A^+$	15.6	18.0 3.9	[19] [27]
		45.91	6.74 1.67	[28] [28]	89	38.92-0.36 $5_1-6_0A^+$	31.9	1.26 1.29	[35] [35]
		48.22	1.62 0.69	[28] [28]	90	39.39-0.14 $5_1-6_0A^+$	60.4	1.14 0.77	[35] [35]
		51.26	4.38 2.35	[28] [28]	91	40.28-0.22 $5_1-6_0A^+$	73.9	24.47 68.03	[35] [35]
		18517+0437 $2_0-3_{-1}E$	41.0	54.9 18.0	[29]	93	41.10-0.22 $5_1-6_0A^+$	63.4	3.7 1.7
66	34.74-0.09 $5_1-6_0A^+$	52.9	9.7 9.0	[33] [33]	94	41.21-0.19 $5_1-6_0A^+$	57.1	3.2 3.4	[19] [27]
67	36.11+0.55 $5_1-6_0A^+$	73.0	43.3 58.4	[33] [33]	95	42.07+0.24 $5_1-6_0A^+$	12.5	12.0 -	[19] -
72	35.79-0.17 $5_1-6_0A^+$	60.8	24.5 38.1	[33] [33]	96	41.34-0.14 $5_1-6_0A^+$	11.7	17.8 25.4	[35] [35]
74	36.70+0.09 $5_1-6_0A^+$	53.3	8.6 9.7	[33] [33]	98	43.15+0.02 $5_1-6_0A^+$	13.0	26.0 87.1	[19] [27]
75	35.20-0.74 $5_1-6_0A^+$	28.0	125.0 91.8	[19] [27]	G43.15+0.02 $2_0-3_{-1}E$	-4.1	14.3 4.5	[29]	
	18556+0136 $2_0-3_{-1}E$	30.5	32.2 39.2	[29]					
76	37.60+0.42 $5_1-6_0A^+$	85.8	24.3 28.3	[33] [33]	99	43.16+0.02 $5_1-6_0A^+$	9.3	27.77 50.54	[35] [35]
77	37.02-0.03 $5_1-6_0A^+$	78.8	7.3 7.1	[33] [33]	102	43.02-0.44 $5_1-6_0A^+$	54.8	10.0 7.2	[19] [27]
79	37.55+0.19 $5_1-6_0A^+$	83.6	8.1 12.0	[33] [33]	103	43.04-0.46 $5_1-6_0A^+$	54.8	7.19 10.39	[35] [35]
80	34.78-1.38 $5_1-6_0A^+$	46.9	31.0 67.2	[19] [27]	105	45.07+0.13 $5_1-6_0A^+$	57.8	48.27 22.26	[35] [35]
81	37.47-0.11 $5_1-6_0A^+$	58.4	- 30.8	- [33]	106	45.49+0.13 $5_1-6_0A^+$	57.2	8.77 4.98	[35] [35]

Продолжение таблицы 3

Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литература	Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литература
107	45.44+0.07 $5_1-6_0A^+$	50	1.9 8.0	[19] [27]	132	59.84+0.66 $5_1-6_0A^+$	38.4	13.1 –	[19] –
108	43.87–0.77 $5_1-6_0A^+$	47.4	34.0 25.5	[19] [27]	134	59.78+00.06 $5_1-6_0A^+$	25.0	42.0 –	[22] –
	19120+0917 $2_0-3_{-1}E$	51.8	5.2 4.6	[29]		G59.78+0.06 $2_0-3_{-1}E$	26.9	–	[31]
109	45.81–0.36 $5_1-6_0A^+$	59.9	11.31 8.41	[35] [35]	135	60.56–0.17 $5_1-6_0A^+$	3.6	4.0 1.2	[19] [27]
110	49.38+0.33 $5_1-6_0A^+$	–12.4	13.0 34.3	[19] [27]	137	70.12+1.72 $5_1-6_0A^+$	–26.5	9.8 4.9	[19] [27]
111	50.00+0.59 $5_1-6_0A^+$	–5.0	6.5 6.6	[19] [27]	140	73.04+1.80 $5_1-6_0A^+$	–2.5	10.0 6.3	[19] [27]
112	50.29+0.69 $5_1-6_0A^+$	29.9	2.8 4.9	[19] [19]	141	20062+3550 $5_1-6_0A^+$	5.9	– 1.6	[28] *
115	49.55–0.25 $5_1-6_0A^+$	62.8	29.0 75.9	[19] [27]	144	69.52–0.97 $5_1-6_0A^+$	15.1	109.0 44.8	[19] [27]
116	G49.49–0.37 $2_0-3_{-1}E$	56.2	13.8 7.1	[29]	145	71.51–0.38 $5_1-6_0A^+$	10.7	5.3 3.2	[19] [19]
117	49.47–0.37 $5_1-6_0A^+$	63.8	7.01 17.35	[35] [35]	146	78.10+3.64 $5_1-6_0A^+$	–6.1	38.0 18.3	[19] [27]
118	49.49–0.39 $5_1-6_0A^+$	59.3	738.4 574.7	[35] [35]		20126+4104 $2_0-3_{-1}E$	–6.2	–	[31]
119	49.48–0.40 $5_1-6_0A^+$	51.4	8.06 14.9	[35] [35]	148	75.76+0.34 $5_1-6_0A^+$	–2.9	39.0 39.4	[19] [27]
120	49.57–0.38 $5_1-6_0A^+$	59.3	482.0 428.7	[19] [27]	149	75.78+0.34 $5_1-6_0A^+$	–2.71	50.0 44.2	[36] [36]
123	49.66–0.45 $5_1-6_0A^+$	59.6	10.0 –	[19] –	151	78.62+0.98 $5_1-6_0A^+$	–39.0	3.0 –	[19] –
124	49.03–1.06 $5_1-6_0A^+$	35.5	21.0 22.0	[19] [27]	153	79.75+0.99 $5_1-6_0A^+$	–4.0	21.2 –	[19] –
					20290+4052 $2_0-3_{-1}E$	–5.7	6.5 3.2	[29]	
126	53.01+0.12 $5_1-6_0A^+$	10	3.3 1.3	[19] [27]	155	80.85+0.43 $5_1-6_0A^+$	–4.1	4.3 2.2	[19] [27]
127	53.04+0.11 $5_1-6_0A^+$	10.1	1.6 0.69	[35] [35]	156	81.87+0.78 $5_1-6_0A^+$	6.0	1080 –	[19] –
128	53.14+0.07 $5_1-6_0A^+$	24.6	1.02 0.54	[35] [35]		W75N $2_0-3_{-1}E$	6.8	–	[31]
129	53.62+0.02 $5_1-6_0A^+$	18.7	6.3 3.0	[19] [27]	158	81.72+0.57 $5_1-6_0A^+$	0.0	13.0 –	[19] –
130	52.66–1.09 $5_1-6_0A^+$	65.0	–	[19] –	159	81.76+0.59 $5_1-6_0A^+$	–1.0	39.0 –	[19] –
	19303+1651 $2_0-3_{-1}E$	65.4	4.3 1.5	[29]	161	85.40–0.00 $5_1-6_0A^+$	–29.5	42.0 –	[19] –

Окончание таблицы 3

Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литература	Номер наблюдений	Имя мазера Мазерный переход	V_{LSR} , км/с	S , Ян S_{int} , Ян·км/с	Литература
162	90.90+1.50 $5_1-6_0A^+$	-70.5	27.0 17.3	[19] [27]	180	111.53+0.76 $5_1-6_0A^+$	-56.2	296.0 475.3	[19] [27]
166	94.58-1.79 $5_1-6_0A^+$	-40.9	7.0 10.5	[19] [27]			-61.32	37.4 -	[37] -
169	98.02+1.44 $5_1-6_0A^+$	-61.6	3.3 1.5	[19] [27]	NGC7538 $2_0-3_{-1}E$	-60.86	20.8 -	[37] -	
172	22272+6258 $5_1-6_0A^+$	-11.01	53.1 20.7	[28] *			-56.33	225.7 -	[37] -
173	22506+5944 $5_1-6_0A^+$	-53.88	1.72 0.8	[28] *	NGC7538-IRS1 $5_1-6_0A^+$	-55.8	0.45 -	[38] -	
174	109.86+2.10 $5_1-6_0A^+$	-2.5	815.0 812.5	[19] [27]			-59.0	0.21 -	[38] -
175	109.92+1.98 $5_1-6_0A^+$	-2.4	43.0 -	[19] -	NGC7538 2_1-3_0E	-60.0	-	[39]	
	22543+6139 $2_0-3_{-1}E$		-4.2	109.0 29.9			[29]	-	-
176	108.75-0.96 $5_1-6_0A^+$	-45.7	2.8 1.3	[19] [27]	181	NGC7538F $5_1-6_0A^+$	-53.2	-	[40]
					182	111.24-0.76 $5_1-6_0A^+$	-38.5	4.0 6.5	[19] [27]

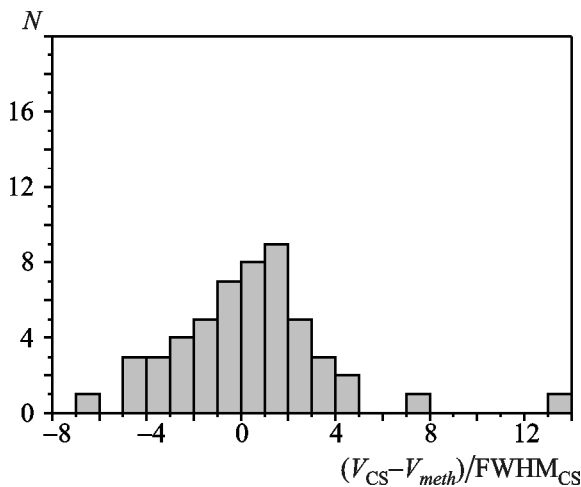


Рис. 2. Распределение смещения центров линий CS ($J = 2 - 1$) и метанольных мазеров по отношению к полуширине линии CS ($J = 2 - 1$)

где ν_0 – частота перехода метанольного мазера; $S_{int}(meth)$ – интегральная интенсивность метанольного мазера, Ян·км/с.

Для многих источников в литературе найдены уточненные значения расстояния d и пересчитаны болометрические светимости ИК источников и светимости мазеров с учетом этих новых значений.

На рис. 3 показано распределение количества исследуемых источников в зависимости от болометрических светимостей ИК источников для объектов, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2 - 1$) и не зарегистрировано.

Параметры распределения для источников, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2 - 1$) следующие (в скобках указаны

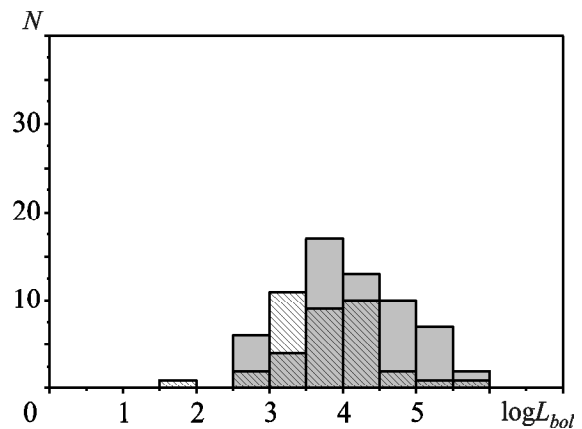


Рис. 3. Распределение болометрической светимости ИК источников: серый цвет – для источников, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2 - 1$), штриховка – не зарегистрировано

Таблица 4. Данные об исследуемых областях звездообразования

Номер наблюдений	d , кпк	Литература	L_{bol}/L_{\odot}	Литература	$(L_{cs}/L_{\odot}) \cdot 10^{-5}$	$(L_{meth}/L_{\odot}) \cdot 10^{-8}$
3	0.929 $^{\pi}$	[41]	1469*	[42]		4.5 ($5_1 - 6_0 A^+$)
4	0.929 $^{\pi}$	[41]	1469*	[42]		3.8 ($5_1 - 6_0 A^+$)
6	2.82 $^{\pi}$	[43]	90286*	[42]	7.2	
9	3	[44]	3270	[44]		69.1 ($5_1 - 6_0 A^+$)
13	1.8	[6]	4788*	[7]		127.4 ($5_1 - 6_0 A^+$)
15	2.3	[6]	10025*	[7]	3.3	727.0 ($5_1 - 6_0 A^+$)
16	2.3	[6]	539*	[7]	2.8	45.5 ($2_0 - 3_{-1} E$)
17	12.7	[19]				
20	16.55	[45]	200000	[45]	71.5	568.6 ($5_1 - 6_0 A^+$)
21	0.437 $^{\pi}$	[46]	10826*	[6]	0.4	
25	2.1	[47]	4595*	[7]		58.9 ($5_1 - 6_0 A^+$)
26	2.1	[47]	4595*	[7]	3.2	18.9 ($5_1 - 6_0 A^+$)
27	2.65	[48]	65209*	[42]	4.8	
28	0.67	[48]	2242*	[7]		3.6 ($5_1 - 6_0 A^+$)
29	0.67	[48]	2242*	[7]	0.4	1.3 ($5_1 - 6_0 A^+$) 85.1 ($2_0 - 3_{-1} E$)
30	1.76 $^{\pi}$	[49]	7322*	[7]	7.0	989.2 ($5_1 - 6_0 A^+$) 346.5 ($2_0 - 3_{-1} E$)
31	2 $^{\pi}$	[50]	8137*	[7]	1.8	10.0 ($5_1 - 6_0 A^+$)
32	1.78 $^{\pi}$	[51]	28300*	[7]	8.2	107.0 ($5_1 - 6_0 A^+$)
34	5.3 $^{\pi}$	[52]	94698*	[7]		736.7 ($5_1 - 6_0 A^+$) 639.0 ($2_0 - 3_{-1} E$)
36	1.1	[19]				
38	11.93	[48]	19272*+	[7]		177.2 ($5_1 - 6_0 A^+$)
40	5.49 $^{\pi}$	[53]	27853*	[7]		95.9 ($5_1 - 6_0 A^+$)
42	8.78	[48]	92960*+	[7]	62.1	10440.0 ($5_1 - 6_0 A^+$)
43	11.6	[44]	26679*	[7]	92.6	6592.5 ($5_1 - 6_0 A^+$)
45	7.4	[19]				1341.4 ($5_1 - 6_0 A^+$)
47	5.59	[48]	2492*	[7]		423.8 ($5_1 - 6_0 A^+$)
48	6.4	[42]	13053*	[7]		555.5 ($5_1 - 6_0 A^+$)
51	4.2	[19]				43.9 ($5_1 - 6_0 A^+$)
53	2.11 $^{\pi}$	[54]	123641*	[42]		79.5 ($5_1 - 6_0 A^+$)
54	1.56 $^{\pi}$	[55]	573*	[7]	3.1	
55	1.56 $^{\pi}$	[55]	573*	[7]	2.5	31.8 ($5_1 - 6_0 A^+$)
56	2.11 $^{\pi}$	[54]	123641*	[42]	9.8	46.5 ($5_1 - 6_0 A^+$)
58	3.6	[19]				9.9 ($5_1 - 6_0 A^+$)
59	7.1	[56]				5393.0 ($5_1 - 6_0 A^+$) 1382.5 ($2_0 - 3_{-1} E$)
60	3.53	[57]	3655	[57]		47.4 ($5_1 - 6_0 A^+$)
61	3.7	[56]	9316*	[7]		0.9 ($5_1 - 6_0 A^+$)
62	4.1	[19]				1269.1 ($5_1 - 6_0 A^+$)
63	2.32 $^{\pi}$	[55]	25976*	[6]	4.7	125.9 ($5_1 - 6_0 A^+$)
64	1.88 $^{\pi}$	[58]	8640*	[58]	5.0	395.0 ($5_1 - 6_0 A^+$)

Продолжение таблицы 4

Номер наблюдений	d , кпк	Литература	L_{bol}/L_{\odot}	Литература	$(L_{cs}/L_{\odot}) \cdot 10^{-5}$	$(L_{meth}/L_{\odot}) \cdot 10^{-8}$
65	1.88 ^π	[4]	10060*	[4]	3.1	3.4 ($S_1 - 6_0 A^+$) 337.8 ($S_1 - 6_0 A^+$) 3.8 ($S_1 - 6_0 A^+$) 7.8 ($S_1 - 6_0 A^+$) 4.1 ($S_1 - 6_0 A^+$) 1.7 ($S_1 - 6_0 A^+$) 5.7 ($S_1 - 6_0 A^+$) 80.4 ($2_0 - 3_{-1} E$)
66	3.4	[19]				72.0 ($S_1 - 6_0 A^+$)
67	5.26	[4]	16000	[4]		1118.1 ($S_1 - 6_0 A^+$)
72	2	[57]	1037	[57]	1.6	105.5 ($S_1 - 6_0 A^+$)
74	3.8	[19]				96.9 ($S_1 - 6_0 A^+$)
75	2.19 ^π	[55]	31048*	[7]	4.5	304.7 ($S_1 - 6_0 A^+$) 237.6 ($2_0 - 3_{-1} E$)
76	6.3	[59]				777.3 ($S_1 - 6_0 A^+$)
77	5.1	[59]				127.8 ($S_1 - 6_0 A^+$)
79	7.16	[48]	44121*	[7]		425.7 ($S_1 - 6_0 A^+$)
80	3.07	[48]			4.7	438.3 ($S_1 - 6_0 A^+$)
81	5.51	[57]	7617 ⁺	[57]		647.1 ($S_1 - 6_0 A^+$)
82	10.04	[48]	182334*	[7]		613.8 ($S_1 - 6_0 A^+$) 713.4 ($2_0 - 3_{-1} E$)
83	11.9	[15]	31623	[15]		2283.3 ($S_1 - 6_0 A^+$)
84	6.7	[60]				372.8 ($S_1 - 6_0 A^+$)
85	1	[44]	71*	[7]		
86	7.1	[48]	1703*	[7]		255.7 ($S_1 - 6_0 A^+$)
87	3.9	[15]	3162	[15]		227.3 ($S_1 - 6_0 A^+$)
88	11.76	[48]	9558*	[7]		373.2 ($S_1 - 6_0 A^+$)
89	3.7	[57]	8103 ⁺	[57]	8.0	12.2 ($S_1 - 6_0 A^+$)
90	4.5	[56]	2368*	[7]		10.8 ($S_1 - 6_0 A^+$)
91	5.3	[56]	3663*	[7]		1322.4 ($S_1 - 6_0 A^+$)
93	4.36	[4]	14000	[4]		22.4 ($S_1 - 6_0 A^+$)
94	3.97	[57]	1453 ⁺	[57]		37.1 ($S_1 - 6_0 A^+$)
95	11.5	[56]				
96	11.41 ^π	[61]				2288.3 ($S_1 - 6_0 A^+$)
98	11.11 ^π	[62]	38640*	[7]		7439.6 ($S_1 - 6_0 A^+$) 702.0 ($2_0 - 3_{-1} E$)
99	11.11 ^π	[62]	678879*	[7]		4316.9 ($S_1 - 6_0 A^+$)
102	4.48	[4]	17000	[4]		10.0 ($S_1 - 6_0 A^+$)
103	4.48	[4]	17000	[4]		144.3 ($S_1 - 6_0 A^+$)
105	7.75 ^π	[55]	523007	[7]		925.2 ($S_1 - 6_0 A^+$)
106	4.37	[57]	28864 ⁺	[57]	4.9	65.8 ($S_1 - 6_0 A^+$)
107	8.4 ^π	[55]	477075*	[7]	106.0	390.6 ($S_1 - 6_0 A^+$)
108	8.26 ^π	[55]	65312*	[7]	24.5	1203.9 ($S_1 - 6_0 A^+$) 396.6 ($2_0 - 3_{-1} E$)
109	4.54	[57]	6408	[57]	6.3	120.0 ($S_1 - 6_0 A^+$)

Продолжение таблицы 4

Номер наблюдений	d , кпк	Литература	L_{bol}/L_{\odot}	Литература	$(L_{cs}/L_{\odot}) \cdot 10^{-5}$	$(L_{meth}/L_{\odot}) \cdot 10^{-8}$
110	13.1	[56]				4073.3 ($5_1-6_0A^+$)
112	2.1	[44]	3670	[44]		15.0 ($5_1-6_0A^+$)
115	6.5	[63]	529*	[7]		2219.1 ($5_1-6_0A^+$)
116	5.13 $^{\pi}$	[64]	5350*	[7]	135.0	236.1 ($2_0-3_{-1}E$)
117	5.21 $^{\pi}$	[55]	72087*	[7]		325.9 ($5_1-6_0A^+$)
118	5.21 $^{\pi}$	[55]	72087*	[7]	165.3	10795.0 ($5_1-6_0A^+$)
119	5.21 $^{\pi}$	[55]	72087*	[7]	149.1	279.9 ($5_1-6_0A^+$)
120	5.21 $^{\pi}$	[55]	41655*	[7]	26.2	8052.6 ($5_1-6_0A^+$)
123	5.4 $^{\pi}$	[56]	24214*	[5]		
124	3.06	[48]	4641*	[7]		142.6 ($5_1-6_0A^+$)
126	10	[56]				90.0 ($5_1-6_0A^+$)
127	10	[56]	4066*	[7]	22.94	47.7 ($5_1-6_0A^+$)
128	1.9	[44]	4471*	[7]	2.10	1.3 ($5_1-6_0A^+$)
129	7.75	[48]	19197*	[7]	12.94	124.7 ($5_1-6_0A^+$)
130	5.2	[56]				51.3 ($2_0-3_{-1}E$)
131	4.4	[56]				64.3 ($5_1-6_0A^+$)
132	4.3	[56]	9766*	[7]		
134	2.16 $^{\pi}$	[64]	8382*	[7]		
135	7.5	[44]	30450*	[7]		46.7 ($5_1-6_0A^+$)
137	7 $^{\pi}$	[65]				166.1 ($5_1-6_0A^+$)
140	1.4	[44]	1606*	[7]		8.5 ($5_1-6_0A^+$)
141	1.4	[66]	1606*	[7]		2.2 ($5_1-6_0A^+$)
144	2.35 $^{\pi}$	[67]	23609*	[7]	5.4	171.2 ($5_1-6_0A^+$)
145	1.4	[44]	1419*	[7]		4.34 ($5_1-6_0A^+$)
146	1.64 $^{\pi}$	[68]	5463*	[7]	0.7	34.1 ($5_1-6_0A^+$)
148	3.51 $^{\pi}$	[67]	206515*	[7]	7.8	335.9 ($5_1-6_0A^+$)
149	3.51 $^{\pi}$	[67]	206515*	[7]		
151	8.1	[19]				
153	1.36 $^{\pi}$	[69]	340*	[70]		7.5 ($2_0-3_{-1}E$)
155	1.46 $^{\pi}$	[69]	17832*	[7]	0.8	3.2 ($5_1-6_0A^+$)
156	1.3 $^{\pi}$	[56]	19073+	[44]	5.0	
158	1.5 $^{\pi}$	[56]	519*	[7]		
159	1.4	[44]	723*	[7]	4.5	
161	5.5	[44]	21191*	[7]		
162	9.5	[19]				1080.4 ($5_1-6_0A^+$)
166	3.95 $^{\pi}$	[71]	28554*	[7]	3.5	113.4 ($5_1-6_0A^+$)
169	8.1	[48]	154154*	[7]	44.2	68.1 ($5_1-6_0A^+$)
172	0.8 $^{\pi}$	[56]	846*	[4]	0.3	9.2 ($5_1-6_0A^+$)
173	2.47 $^{\pi}$	[71]	3507*+	[7]	5.4	3.4 ($5_1-6_0A^+$)
174	0.7 $^{\pi}$	[72]	8396*	[7]	0.8	275.5 ($5_1-6_0A^+$) 18.5 ($2_0-3_{-1}E$)
175	0.91	[70]	3000	[70]		

Окончание таблицы 4

Номер наблюдений	d , кпк	Литература	L_{bol}/L_{\odot}	Литература	$(L_{cs}/L_{\odot}) \cdot 10^{-5}$	$(L_{meth}/L_{\odot}) \cdot 10^{-8}$
176	5.3	[56]	20925	[44]	36.2	25.3 ($5_1 - 6_0 A^+$)
180	2.65 π	[73]	152721*	[7]	21.6	2309.8 ($5_1 - 6_0 A^+$) 102.1 ($2_0 - 3_{-1} E$) 91.4 ($2_0 - 3_{-1} E$) 1661.4 ($2_0 - 3_{-1} E$)
181	2.7	[44]	3910	[44]		
182	3.34 π	[71]	9210*	[7]	4.9	50.2 ($5_1 - 6_0 A^+$)

параметры распределения для источников, в которых данное излучение не зарегистрировано): общее количество источников в распределении – 59 (37), среднее значение – 4.17 ± 0.10 (3.79 ± 0.12), стандартное отклонение – 0.78 (0.74), медиана – 4.03 (3.67). Поскольку медиана и среднее имеют близкие значения, можно распределение аппроксимировать функцией Гаусса и определить положение максимума распределения: 4.13 ± 0.09 (3.72 ± 0.07). Из вышеизложенного следует, что в среднем излучение линии CS ($J = 2 - 1$) в направлении мазеров класса II с большей вероятностью регистрируется в тех источниках, которые ассоциируются с ИК источниками с большей болометрической светимостью.

Используя рассчитанные светимости в линии CS ($J = 2 - 1$), можно построить распределения этих светимостей, как показано на рис. 4. Параметры распределения: общее количество источников в распределении – 50, среднее значение – -4.18 ± 0.68 , медиана – -4.31 и стандартное отклонение 0.68. Источники лежат в диапазоне $-6.0 < \log L_{CS} < -2.5$. Причем 80 % источников находятся в диапазоне $-5.5 < \log L_{CS} < -3.5$. Хорошо выделяется максимум распределения и лежит в диапазоне $-4.5 < \log L_{CS} < -4.0$, в который попадают 44 % источников. То есть четко выделяются источники с близкими светимостями в линии CS в направлении на метанольные мазеры класса II.

Используя критерий, определенный выше (раздел 3.2), можно выделить только те источники, в которых излучение в линии CS ($J = 2 - 1$) и метанольных мазеров на переходе $5_1 - 6_0 A^+$ (6.7 ГГц) происходит из одной области. Распределение светимостей таких источников в линии CS ($J = 2 - 1$)

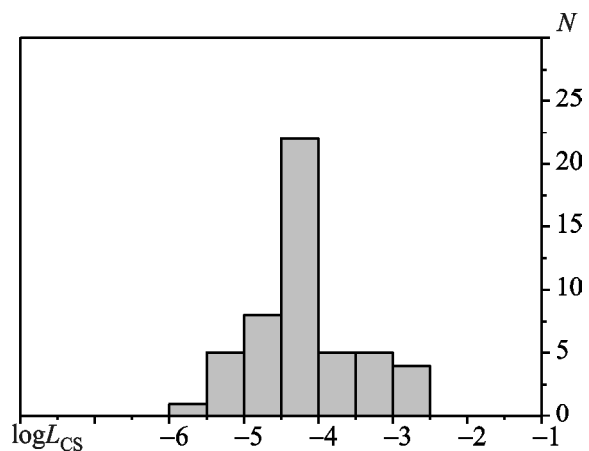


Рис. 4. Распределение светимостей источников в линии CS ($J = 2 - 1$)

показано на рис. 5. Параметры распределения: общее количество источников в распределении – 15, среднее значение – -3.89 ± 0.22 , медиана – -4.01 и стандартное отклонение – 0.86. Как видно из рис. 5, распределение не имеет четко выделенного узкого диапазона светимостей в линии CS ($J = 2 - 1$), как на рис. 4. Таким образом, выделяющийся узкий диапазон светимостей источников в линии CS ($J = 2 - 1$) в направлении метанольных мазеров класса II скорее всего не есть индикатором существования метанольных мазеров в области, излучающей данную линию.

На рис. 6 приведены распределения светимостей метанольных мазеров, ассоциирующихся с исследуемыми источниками, в направлении которых мы зарегистрировали излучение в линии CS ($J = 2 - 1$) и не зарегистрировали его. Если с источником ассоциируется несколько метанольных мазеров, то светимости этих мазеров суммировались. Таким образом, исследовалось все излучение от метанольных мазеров для каждого

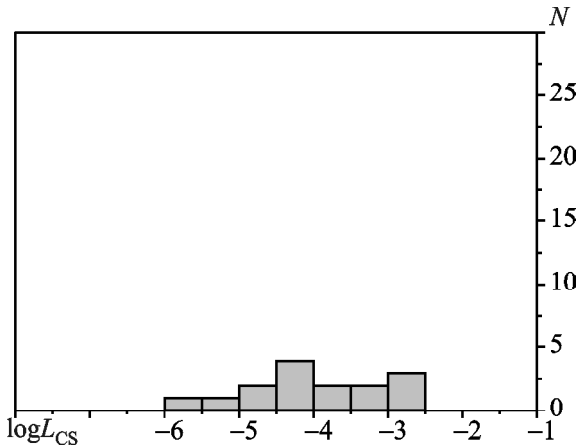


Рис. 5. Распределение светимостей источников в линии CS ($J = 2 - 1$), с которыми связаны метанольные мазеры класса II

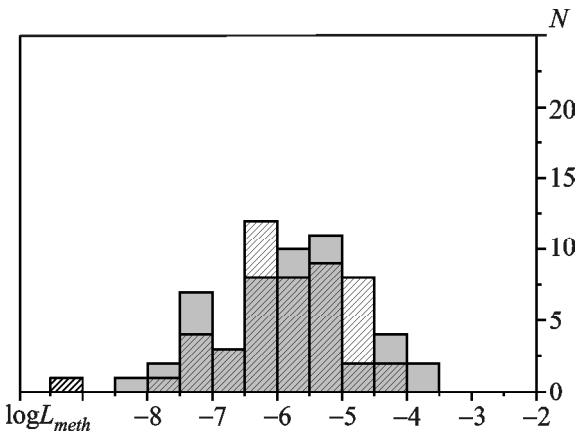


Рис. 6. Распределение светимостей метанольных мазеров: серый цвет – для источников, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2 - 1$), штриховка – не зарегистрировано

источника. Параметры распределения для источников, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2 - 1$), следующие (в скобках указаны параметры распределения для источников, в которых данное излучение не зарегистрировано): общее количество источников в распределении – 50 (48), среднее значение распределения – -5.92 ± 0.15 (-5.85 ± 0.14), стандартное отклонение – 1.06 (0.96), медиана – -5.91 (-5.84) и положение максимума, полученное из аппроксимации распределения функцией Гаусса, – -5.81 ± 0.22 (-5.72 ± 0.11). Как видно, эти два распределения не значительно отличаются друг от друга.

На рис. 7 отмечены светимости исследуемых источников в линии CS ($J = 2 - 1$) по отношению к болометрическим светимостям ИК источников. Линейная аппроксимация обнаруживает наличие зависимости $\log L_{CS} = (-6.36 \pm 0.46) + (0.53 \pm 0.11) \log L_{bol}$ с коэффициентом корреляции $R = 0.57$. Данная зависимость показывает, что с увеличением светимости ИК источника увеличивается светимость источника в линии CS ($J = 2 - 1$), который ассоциируется с ИК источником.

На рис. 8. отмечены светимости метанольных мазеров класса II по отношению к болометрическим светимостям ИК источников. Линейная аппроксимация показывает наличие зависимос-

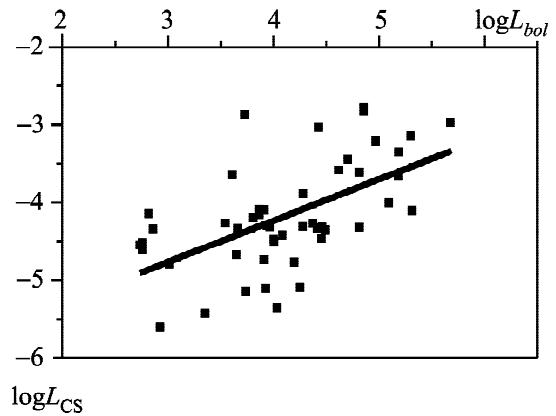


Рис. 7. Зависимость светимости источников в линии CS ($J = 2 - 1$) от болометрической светимости ассоциирующихся с ними ИК источников

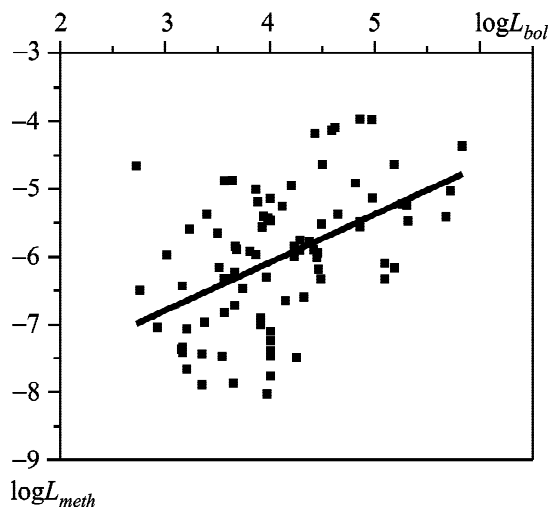


Рис. 8. Зависимость светимости метанольных мазеров от болометрической светимости ИК источников

ти $\log L_{meth} = (-8.75 \pm 0.55) + (0.69 \pm 0.13) \log L_{bol}$ с коэффициентом корреляции $R = 0.51$. Данная зависимость демонстрирует, что с увеличением светимости ИК источников светимость метанольных мазеров класса II увеличивается.

На рис. 9. отмечены светимости метанольных мазеров по отношению к светимостям источников в линии CS ($J = 2 - 1$). Линейная аппроксимация показывает наличие зависимости $\log L_{meth} = (-1.98 \pm 0.76) + (0.94 \pm 0.18) \log L_{CS}$ с коэффициентом корреляции $R = 0.64$. Эта зависимость демонстрирует, что с увеличением светимости источников в линии CS ($J = 2 - 1$) светимость метанольных мазеров увеличивается.

Приведенные выше данные позволяют сказать, что для метанольных мазеров класса II на переходе $5_1 - 6_0 A^+$ (6.7 ГГц) большая степень корреляции отмечается между $\log L_{meth}$ и $\log L_{CS}$, чем между $\log L_{meth}$ и $\log L_{bol}$.

4. Обсуждение

В настоящей работе уровень обнаружения излучения в линии CS ($J = 2 - 1$) составляет 0.5. Это хорошо согласуется с уровнем обнаружения теплового излучения в линии CS ($J = 2 - 1$) (0.59) в направлении источников IRAS [3]. В некоторых исследованиях был получен более высокий уровень регистрации излучения в линии CS. В работе [16] он составил 0.96, но выборка источников была почти в три раза меньше, чем в настоящей работе.

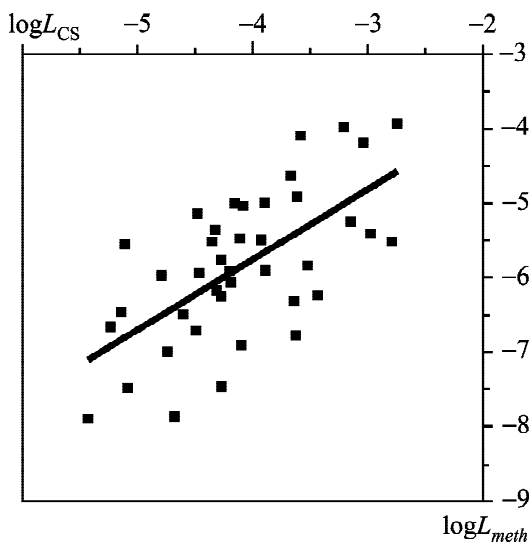


Рис. 9. Зависимость светимости метанольных мазеров от светимости источников в линии CS ($J = 2 - 1$)

В работе [74] линия CS наблюдалась во всех выбранных объектах. Среднеквадратическое отклонение шума при этом было в среднем в 5 раз ниже, чем в наших наблюдениях (0.1 К в работе [74] и 0.5 К в нашей работе), но и число объектов наблюдения было в несколько раз меньше (26 объектов).

В настоящей работе, наблюдаемая полуширина линии CS ($J = 2 - 1$) обычно лежит между 2 и 5 км/с (78 % всех источников), что хорошо согласуется с наблюдениями в линии CS ($J = 2 - 1$) в направлении мазеров [14] и в линии CS ($J = 2 - 1$) в направлении точечных источников IRAS [3]. В исследованиях [16] среднее значение полуширины линии CS ($J = 2 - 1$) для источников, с которыми ассоциируются метанольные мазеры класса II, равняется 4.80 ± 0.34 км/с. В нашей работе среднее значение полуширины линии CS ($J = 2 - 1$) равняется -3.96 ± 0.29 км/с и отличается от результатов других авторов. Это расхождение можно объяснить тем, что в работе [16] результаты получены на основе выборки из 32 источников, при этом 37 % источников имели сложный профиль линии CS ($J = 2 - 1$). В нашей же работе результаты получены на основе выборки из 46 источников, при этом источники со сложным профилем линии CS ($J = 2 - 1$) в эту выборку не входят.

Распределение величины разности между лучевыми скоростями наблюдаемой линии CS ($J = 2 - 1$) и линии излучения мазеров приводились в различных работах (например, [12–16]). В этих работах было сделано предположение, что малая разность значений скоростей центров линий означает, что излучение исследованных в приведенных работах молекул, скорее всего, происходит из одной области. Но не указано, при какой разности излучение еще можно считать приходящим из одной области, а при какой – нет. В нашей же работе введен критерий для определения того, что излучение молекулы CS и излучение мазера, возможно, приходят из одной области, – по разности лучевых скоростей центров линий этих излучений, отнесенной к полуширине линии CS.

Исследования зависимостей между светимостью метанольных мазеров класса II и болометрической светимостью ИК источников, с которыми ассоциируются мазеры, проводились ранее другими авторами. В работе [22] авторы указывали на наличие зависимости между светимос-

тью метанольных мазеров на переходе $5_1-6_0 A^+$ (6.7 ГГц) и светимостью ИК источников с коэффициентом корреляции 0.34. Авторы более поздней работы [15] указывают на наличие такой же зависимости, но уже с коэффициентом корреляции 0.55 и только для 32 мазеров. Настоящая работа с уточненными расстояниями до источников и светимостями источников подтверждает наличие подобной зависимости с коэффициентом корреляции $R = 0.51$ на основе выборки из 77 источников.

5. Выводы

По данным наблюдений на радиотелескопе РТ-22 в 2007–2013 гг. составлен каталог параметров излучения в линии CS ($J = 2-1$) в направлении на области существования метанольных мазеров класса II для 119 источников северной небесной полусферы.

Найдены уточненные расстояния до исследованных источников и болометрические светимости ИК источников, с которыми ассоциируются исследуемые объекты. Для некоторых ИК источников пересчитаны болометрические светимости с учетом уточненных расстояний. Проведены статистические исследования излучения в линии CS ($J = 2-1$), метанольных мазеров и ИК источников, с которыми ассоциируются исследуемые объекты.

Только для 29 % источников из изученной выборки излучение метанольных мазеров класса II и излучение в линии CS ($J = 2-1$), скорее всего, происходит из одних и тех же областей, движение молекулярного газа в которых не противоречит условию $-1 \leq \frac{V_{CS} - V_{meth}}{FWHM_{CS}} \leq 1$.

В среднем излучение в линии CS ($J = 2-1$) в направлении метанольных мазеров класса II чаще регистрируется в тех источниках, которые ассоциируются с ИК источниками с большей болометрической светимостью.

Для источников, с которыми ассоциируются метанольные мазеры класса II, зависимости светимости в линии CS и светимости метанольных мазеров от болометрической светимости ИК источников описываются формулами $\log L_{CS} = (-9.36 \pm 0.46) + (0.53 \pm 0.11) \log L_{bol}$ и $\log L_{meth} = (-11.75 \pm 0.55) + (0.69 \pm 0.13) \log L_{bol}$, а зависимость светимости метанольных мазеров от све-

тимости в линии CS выражением $\log L_{meth} = (-2.5 \pm 1.3) + (0.9 \pm 0.18) \log L_{CS}$.

Для метанольных мазеров класса II на переходе $5_1-6_0 A^+$ (6.7 ГГц) большая степень корреляции отмечается между $\log L_{meth}$ и $\log L_{CS}$, чем между $\log L_{meth}$ и $\log L_{bol}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Menten K.* Methanol Masers and Submillimeter Wavelength Water Masers in Star-Forming Regions // Proc. of the Atoms, ions and molecules: New results in spectral line astrophysics, ASP Conference Series. – San Francisco, USA. – 1991. – P. 119–136.
2. *Batrla W., Matthews H. E., Menten K. M., and Walmsley C. M.* Detection of Strong Methanol Masers Towards Galactic H II Regions // Nature. – 1987. – Vol. 326, No. 6108. – P. 49–51. DOI: 10.1038/326049a0
3. *Bronfman L., Nyman L.-A., and May J.* A CS (2-1) Survey of IRAS Point Sources with Color Characteristics of Ultra-Compact H II Regions // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. – 1996. – Vol. 115. – P. 1–81.
4. *Molinari S., Brand J., Cesaroni R., and Palla F.* A Search for Precursors of Ultracompact HII Regions in a Sample of Luminous IRAS Sources. I. Association with Ammonia Cores // Astron. Astrophys. – 1996. – Vol. 308. – P. 573–587.
5. *Beuther H., Schilke P., Menten K. M., Motte F., Sridharan T. K., and Wyrowski F.* High-Mass Protostellar Candidates. II. Density Structure From Dust Continuum and CS Emission // Astrophys. J. – 2002. – Vol. 566, No. 2. – P. 945–965. DOI: 10.1086/338334
6. *Jijina J., Myers P. C., and Adams F. C.* Dense Cores Mapped in Ammonia: A Database // The Astrophys. J. Suppl. Ser. – 1999. – Vol. 125, No. 1. – P. 161–236. DOI: 10.1086/313268
7. *Mottram J. C., Hoare M. G., Urquhart J. S., Lumsden S. L., Oudmaijer R. D., Robitaille T. P., Moore T. J. T., Davies B., and Stead J.* The Red MSX Source Survey: The Bolometric Fluxes and Luminosity Distributions of Young Massive Stars // Astron. Astrophys. – 2011. – Vol. 525. – id. A149. DOI: 10.1051/0004-6361/201014479
8. *Zinchenko I., Forsstroem V., Lapinov A., and Mattila K.* Studies of Dense Molecular Cores in Regions of Massive Star Formation. CS ($J=2-1$) and HCN ($J=1-0$) Observations of 11 Northern Cores // Astron. Astrophys. – 1994. – Vol. 288. – P. 601–616.
9. *Cesaroni R., Felli M., and Walmsley C. M.* High Density Molecular Clumps Around Protostellar Candidates // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. – 1999. – Vol. 136, No. 2. – P. 333–361. DOI: 10.1051/aas:1999218
10. *Shirley Y. L., Evans N. J., Young K. E., Knez C., and Jaffe D. T.* A CS ($J=5-4$) Mapping Survey Toward High-Mass Star-Forming Cores Associated with Water Masers // Astrophys. J. Suppl. Ser. – 2003. – Vol. 149, No. 2. – P. 375–403. DOI: 10.1086/379147
11. *Wu J., Evans N. J., Shirley Y. L., and Knez C.* The Properties of Massive, Dense Clumps: Mapping Surveys of HCN and CS // Astrophys. J. Suppl. Ser. – 2010. – Vol. 188, No. 2. – P. 313–357. DOI: 10.1088/0067-0049/188/2/313

12. *Juvela M.* Studies of Dense Molecular Cores in Regions of Massive Star Formation. IV. Multitransition CS-Study Towards Southern H₂O Masers in the Longitude Range l=308–360 deg. // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 1996. – Vol. 118. – P. 191–226.
13. *Harju J., Lehtinen K., Booth R. S., and Zinchenko I.* A Survey of SiO Emission Towards Interstellar Masers – I. SiO Line Characteristics // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 1998. – Vol. 132, No. 2. – P. 211–231. DOI: 10.1051/aas:1998448
14. *Anglada G., Estalella R., Pastor J., Rodriguez L. F., and Haschick A. D.* A CS and NH₃ Survey of Regions with H₂O Maser Emission // *Astrophys. J.* – 1996. – Vol. 463. – P. 205–223. DOI: 10.1086/177235
15. *Szymczak M., Pillai T., and Menten K. M.* Masers as Signposts of High-Mass Protostars. A Water Maser Survey of Methanol Maser Sources // *Astron. Astrophys.* – 2005. – Vol. 434, No. 2. – P. 613–621. DOI: 10.1051/0004-6361:20042437
16. *Larionov G. M., Val'ts I. E., Winnberg A., Johansson L. E. B., Booth R. S. and Golubev V. V.* Survey of Bipolar Outflows and Methanol Masers in the C³²S (2–1) and C³⁴S (2–1) Lines in the Northern Sky // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 1999. – Vol. 139, No. 2. – P. 257–275. DOI: 10.1051/aas:1999392
17. *Val'ts I. E. and Larionov G. M.* A General Catalog of Class I Methanol Masers // *Astron. Rep.* – 2007. – Vol. 51, No. 7. – P. 519–530. DOI: 10.1134/S1063772907070013
18. *Bayandina O. S., Val'ts I. E., and Larionov G. M.* Class I Methanol Maser Emission in Infrared Clouds and the Third Version of the Astro Space Center MMI/SFR Catalog // *Astron. Rep.* – 2012. – Vol. 56, No. 7. – P. 553–563. DOI: 10.1134/S1063772912060029
19. *Pestalozzi M. R., Minier V., and Booth R. S.* A General Catalogue of 6.7-GHz Methanol Masers: I. Data // *Astron. Astrophys.* – 2005. – Vol. 432, No. 2. – P. 737–742. DOI: 10.1051/0004-6361:20035855
20. *Gan C.-G., Chen X., Shen Z.-Q., Xu Y., and Ju B.-G.* A Search for 95 GHz Class I Methanol Masers in Molecular Outflows // *Astrophys. J.* – 2013. – Vol. 763, No. 1. – id 2. DOI: 10.1088/0004-637X/763/1/2
21. *Chen X., Ellingsen S. P., Shen Z.-Q., Titmarsh A., and Gan C.-G.* A 95 GHz Class I Methanol Maser Survey Toward Glimpse Extended Green Objects (EGOs) // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 2011. – Vol. 196, No. 1. – id. 9. DOI: 10.1088/0067-0049/196/1/9
22. *Xu Y., Zheng X.-W., and Jiang D.-R.* Statistical Properties of 6.7 GHz Methanol Maser Sources // *Chin. J. Astron. Astrophys.* – 2003. – Vol. 3, No. 1. – P. 49–68.
23. *Piddyachiy V. I., Shulga V. M., Korolev A. M., and Myshenko V. V.* High Doping Density Schottky Diodes in the 3 mm Wavelength Cryogenic Heterodyne Receiver // *Int. J. Infrared Millimeter Waves.* – 2005. – Vol. 26, No. 9. – P. 1307–1315. DOI: 10.1007/s10762-005-7605-6
24. *Kutner M. L. and Ulich B. L.* Recommendations for Calibration of Millimeter-Wavelength Spectral Line Data // *Astrophys. J.* – 1981. – Vol. 250. – P. 341–348. DOI: 10.1086/159380
25. *Антюфеев А. В., Шульга В. М.* Спектроанализатор на базе персонального компьютера // *Радиотехника.* – 2005. – Т. 10. – С. 145–148.
26. *Антюфеев А. В., Зубрин С. Ю., Король А. Н., Королев А. М., Мышенко В. В., Подъячий В. И., Поладич А. В., Шкодин В. И., Шульга В. М.* Аппаратурный комплекс для спектральных наблюдений в диапазоне частот 85–116 ГГц на радиотелескопе РТ-22 КрАО // *Радиофизика и радиоастрономия.* – 2010. – Т. 15, № 4. – С. 369–375.
27. *Szymczak M., Hrynek G., and Kus A. J.* A Survey of the 6.7 GHz Methanol Maser Emission from IRAS Sources – I. Data // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 2000. – Vol. 143, No. 2. – P. 269–301. DOI: 10.1051/aas:2000334
28. *Fontani F., Cesaroni R., and Furuya R. S.* Class I and Class II Methanol Masers in High-Mass Star-Forming Regions // *Astron. Astrophys.* – 2010. – Vol. 517. – id. A56. DOI: 10.1051/0004-6361/200913679
29. *Blaszkiewicz L. and Kus A. J.* 12.2 GHz Survey Towards 6.7 GHz Methanol Masers - A Comparison of 12.2 GHz and 6.7 GHz spectra // *Astron. Astrophys.* – 2004. – Vol. 413, No. 1. – P. 233–240. DOI: 10.1051/0004-6361:20031451
30. *Breen S. L., Ellingsen S. P., Caswell J. L., Green J. A., Voronkov M. A., Fuller G. A., Quinn L. J., and Avison A.* 12.2-GHz methanol maser Methanol Multibeam follow-up catalogue - II. Longitude range 186°–330° // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2012. – Vol. 426, No. 3. – P. 2189–2207. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2012.21759.x
31. *Minier V., Conway J. E., and Booth R. S.* VLBI Observations of 6.7 and 12.2 GHz Methanol Masers Toward High Mass Star-Forming Regions. II. Tracing Massive Protostars // *Astron. Astrophys.* – 2001. – Vol. 369, No. 1. – P. 278–290. DOI: 10.1051/0004-6361:20010124
32. *Caswell J. L., Yi, J., Booth, R. S., and Cragg, D. M.* Methanol Masers at 107.0 and 156.6 GHz // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2000. – Vol. 313, No. 3. – P. 599–616. DOI: 10.1046/j.1365-8711.2000.03277.x
33. *Szymczak M., Kus A. J., Hrynek G., Képa A., and Pazderski E.* 6.7 GHz Methanol Masers at Sites of Star Formation. a Blind Survey of the Galactic Plane Between 20° ≤ l ≤ 40° and |b| ≤ 0.52° // *Astron. Astrophys.* – 2002. – Vol. 392, No. 1. – P. 277–286. DOI: 10.1051/0004-6361:20020907
34. *Caswell J. L., Vaile R. A., Ellingsen S. P., and Norris R. P.* Galactic Methanol Masers at 12 GHz // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 1995. – Vol. 274, No. 4. – P. 1126–1152. DOI: 10.1093/mnras/274.4.1126
35. *Pandian J. D., Goldsmith P. F., and Deshpande A. A.* The Arcibo Methanol Maser Galactic Plane Survey. I. Data // *Astrophys. J.* – 2007. – Vol. 656, No. 1. – P. 255–274. DOI: 10.1086/510512
36. *Szymczak M., Wolak P., Bartkiewicz A., and Borkowski K.* The Torun Catalogue of 6.7 GHz Methanol Masers // *Astron. Nachr.* – 2012. – Vol. 333, No. 7. – P. 634–639. DOI: 10.1002/asna.201211702
37. *Catarzi M., Moscadelli L., and Panella D.* Observation of Methanol Maser Sources with the Arcetri 12 GHz Receiver // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 1993. – Vol. 98, No. 1. – P. 127–135.
38. *Wilson, T. L., Walmsley C. M., Jewell P. R., and Snyder L. E.* Detection of a New Type of Methanol Maser // *Astron. Astrophys.* – 1984. – Vol. 134. – P. L7–L10.
39. *Wilson T. L., Walmsley C. M., Menten K. M., and Hermesen W.* The Discovery of a New Masering Transition of

- Interstellar Methanol // *Astron. Astrophys.* – 1985. – Vol. 147. – P. L19–L22.
40. *Pestalozzi M. R., Minier V., Motte F., and Conway J. E.* Discovery of Two New Methanol Masers in NGC 7538. Locating of Massive Protostars // *Astron. Astrophys.* – 2006. – Vol. 448, No. 3. – P. L57–L60. DOI: 10.1051/0004-6361:200600006
41. *Rygl K. L. J., Brunthaler A., Reid M. J., Menten K. M., van Langevelde H. J., and Xu Y.* Trigonometric Parallaxes of 6.7 GHz Methanol Masers // *Astron. Astrophys.* – 2010. – Vol. 511. – id. A2. DOI: 10.1051/0004-6361/200913135
42. *Schenck D. E., Shirley Y. L., Reiter M., and Juneau S.* Testing the Global Star Formation Relation: an HCO⁺ (3-2) Mapping Study of Red MSX Sources in the Bolocam Galactic Plane Survey // *Astron. J.* – 2011. – Vol. 142, No. 3. – id. 94. DOI: 10.1088/0004-6256/142/3/94
43. *Sato M., Hirota T., Honma M., Kobayashi H., Sasao T., Bushimata T., Choi Y. K., Imai H., Iwadate K., Jike T., Kamenno S., Kameya O., Kamohara R., Kan-Ya Y., Kawaguchi N., Kim M. K., Kuji S., Kurayama T., Manabe S., Matsui M., Matsumoto N., Miyaji T., Nagayama T., Nakagawa A., Nakamura K., Oh C. S., Omodaka T., Oyama T., Sakai S., Sato K., Shibata K. M., Tamura Y., and Yamashita K.* Distance to NGC 281 in a Galactic Fragmenting Superbubble: Parallax Measurements with VERA // *Publ. Astron. Soc. Jpn.* – 2008. – Vol. 60, Is 5. – P. 975–989. DOI: 10.1093/pasj/60.5.975
44. *Lumsden S. L., Hoare M. G., Urquhart J. S., Oudmaijer R. D., Davies B., Mottram J. C., Cooper H. D. B., and Moore T. J. T.* The Red MSX Source Survey: the Massive Young Stellar Population of Our Galaxy // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 2013. – Vol. 208, No. 1. – id. 11. DOI: 10.1088/0067-0049/208/1/11
45. *Wouterloot J. G. A. and Brand J.* IRAS Sources Beyond the Solar Circle. I. CO Observations // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 1989. – Vol. 80, No. 2. – P. 149–187.
46. *Hirota T., Bushimata T., Choi Y. K., Honma M., Imai H., Iwadate K., Jike T., Kamenno S., Kameya O., Kamohara R., Kan-Ya Y., Kawaguchi N., Kijima M., Kim M. K., Kobayashi H., Kuji S., Kurayama T., Manabe S., Maruyama K., Matsui M., Matsumoto N., Miyaji T., Nagayama T., Nakagawa A., Nakamura K., Oh C. S., Omodaka T., Oyama T., Sakai S., Sasao T., Sato K., Sato M., Shibata K. M., Shintani M., Tamura Y., Tsushima M., and Yamashita K.* Distance to Orion KL Measured with VERA // *Publ. Astron. Soc. Jpn.* – 2007. – Vol. 59, Is 5. – P. 897–903. DOI: 10.1093/pasj/59.5.897
47. *Hughes, V. A. and MacLeod G. C.* A Comparison of the Infrared Luminosity and Ionizing Luminosity of Selected Star Forming Regions // *Astron. J.* – 1993. – Vol. 105, No. 4. – P. 1495–1504. DOI: 10.1086/116528
48. *Hou L. G. and Han J. L.* The Observed Spiral Structure of the Milky Way // *Astron. Astrophys.* – 2014. – Vol. 569. – id. A125. DOI: 10.1051/0004-6361/201424039
49. *Oh C. S., Kobayashi H., Honma M., Hirota T., Sato K., and Ueno Y.* VERA Observations of H₂O Maser Sources in Three Massive Star-Forming Regions and Galactic Rotation Measurements // *Publ. Astron. Soc. Jpn.* – 2010. – Vol. 62, Is. 1. – P. 101–114. DOI: 10.1093/pasj/62.1.101
50. *Niinuma K., Nagayama T., Hirota T., Honma M., Motogi K., Nakagawa A., Kurayama T., Kan-Ya Y., Kawaguchi N., Kobayashi H., and Ueno Y.* Astrometry of H₂O Masers in the Massive Star-Forming Region IRAS 06061+2151 With VERA // *Publ. Astron. Soc. Jpn.* – 2011. – Vol. 63, Is. 1. – P. 9–16. DOI: 10.1093/pasj/63.1.9
51. *Burns R. A., Handa T., Nagayama T., Sunada K., and Omodaka T.* H₂O Masers in a Jet-Driven Bow Shock: Episodic Ejection from a Massive Young Stellar Object // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2016. – Vol. 460, Is. 1. – P. 283–290. DOI:10.1093/mnras/stw958
52. *Honma M., Bushimata T., Choi Y. K., Hirota T., Imai H., Iwadate K., Jike T., Kameya O., Kamohara R., Kan-Ya Y., Kawaguchi N., Kijima M., Kobayashi H., Kuji S., Kurayama T., Manabe S., Miyaji T., Nagayama T., Nakagawa A., Oh C. S., Omodaka T., Oyama T., Sakai S., Sasao T., Shibata K. M., Shintani M., Suda H., Tamura Y., Tsushima M., and Yamashita K.* Astrometry of Galactic Star-Forming Region Sharpless 269 with VERA: Parallax Measurements and Constraint on Outer Rotation Curve // *Publ. Astron. Soc. Jpn.* – 2007. – Vol. 59, Is. 5. – P. 889–895. DOI: 10.1093/pasj/59.5.889
53. *Zhang B., Moscadelli L., Sato M., Reid M. J., Menten K. M., Zheng X. W., Brunthaler A., Dame T. M., Xu Y., and Immer K.* The Parallax of W43: A Massive Star-Forming Complex Near the Galactic Bar // *Astrophys. J.* – 2014. – Vol. 781, No.2. – id. 89. DOI: 10.1088/0004-637X/781/2/89
54. *Moisés A. P., Damirani A., Figuerêdo E., Blum R. D., Conti P. S., and Barbosa C. L.* Spectrophotometric Distances to Galactic H II Regions // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2011. – Vol. 411, No. 2. – P. 705–760. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.17713.x
55. *Wu Y. W., Sato M., Reid M. J., Moscadelli L., Zhang B., Xu Y., Brunthaler A., Menten K. M., Dame T. M., and Zheng X. W.* Trigonometric Parallaxes of Star-Forming Regions in the Sagittarius Spiral Arm // *Astron. Astrophys.* – 2014. – Vol. 566. – id. A17. DOI: 10.1051/0004-6361/201322765
56. *Anderson L. D., Bania T. M., Balsaer D. S., Cunningham V., Wenger T. V., Johnstone B. M., and Armentrout W. P.* The Wise Catalog of Galactic H II Regions // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 2014. – Vol. 212, No. 1. – id. 1. DOI: 10.1088/0067-0049/212/1/1
57. *Traficante A., Fuller G. A., Peretto N., Pineda J. E., and Molinari S.* The Initial Conditions of Stellar Protocluster Formation – II. A Catalogue of Starless and Protostellar Clumps Embedded in IRDCs in the Galactic Longitude Range $15^\circ \leq l \leq 55^\circ$ // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2015. – Vol. 451, No. 3. – P. 3089–3106. DOI: 10.1093/mnras/stv1158
58. *Faúndez S., Bronfman L., Garay G., Chini R., Nyman L.-Å., and May, J.* SIMBA Survey of Southern High-Mass Star Forming Regions. I. Physical Parameters of the 1.2 mm/IRAS Sources // *Astron. Astrophys.* – 2004. – Vol. 426, No. 1. – P. 97–103. DOI: 10.1051/0004-6361:20035755
59. *Schlingman W. M., Shirley Y. L., Schenk D. E., Rosolowsky E., Bally J., Battersby C., Dunham M. K., Ellsworth-Bowers T. P., Evans II N. J., Ginsburg A., and Stringfellow G.* The Bolocam Galactic Plane Survey. V. HCO⁺ and N₂H⁺ Spectroscopy of 1.1 mm Dust Continuum Sources // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* – 2011. – Vol. 195, No. 2. – id. 14. DOI: 10.1088/0067-0049/195/2/14

60. Cyganowski C. J., Koda J., Rosolowsky E., Towers S., Meyer J. D., Egusa F., Momose R., and Robitaille T. P. A Water Maser and NH₃ Survey of Glimpse Extended Green Objects // *Astrophys. J.* – 2013. – Vol. 764, No. 1. – id. 61. DOI: 10.1088/0004-637X/764/1/61
61. Li F. C., Xu Y., Wu Y. W., Yang J., Lu D. R., Menten K. M., and Henkel C. Ammonia and CO Outflow Around 6.7 GHz Methanol Masers // *Astrophys. J.* – 2016. – Vol. 152, No. 4. – id. 92. DOI: 10.3847/0004-6256/152/4/92
62. Zhang B., Reid M. J., Menten K. M., Zheng X. W., Brunthaler A., Dame T. M., and Xu Y. Parallaxes for W49N and G048.60+0.02: Distant Star Forming Regions in the Perseus Spiral Arm // *Astrophys. J.* – 2013. – Vol. 775, No. 1. – id. 79. DOI: 10.1088/0004-637X/775/1/79
63. Urquhart J. S., Moore T. J. T., Hoare M. G., Lumsden S. L., Oudmaijer R. D., Rathborne J. M., Mottram J. C., Davies B., and Stead J. J. The Red MSX Source Survey: Distribution and Properties of a Sample of Massive Young Stars // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – 2011. – Vol. 410, No. 2. – P. 1237–1250. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.17514.x
64. Xu Y., Reid M. J., Menten K. M., Brunthaler A., Zheng X. W., and Moscadelli L. Trigonometric Parallaxes of Massive Star-Forming Regions: III. G59.7+0.1 and W51 IRS2 // *Astrophys. J.* – 2009. – Vol. 693. – P. 413–418. DOI: 10.1088/0004-637X/693/1/413
65. Russeil D. Star-Forming Complexes and the Spiral Structure of Our Galaxy // *Astron. Astrophys.* – 2003. – Vol. 397, No. 1. – P. 133–146. DOI: 10.1051/0004-6361:20021504
66. Slysh V. I., Val'ts I. E., Kalenskii S. V., Voronkov M. A., Palagi F., Tofani G., and Catarzi M. The Medicina Survey of Methanol Masers at 6.7 GHz // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* – 1999. – Vol. 134, No. 1. – P. 115–128. DOI: 10.1051/aas:1999127
67. Xu Y., Li J. J., Reid M. J., Menten K. M., Zheng X. W., Brunthaler A., Moscadelli L., Dame T. M., and Zhang B. On the Nature of the Local Spiral Arm of the Milky Way // *Astrophys. J.* – 2013. – Vol. 769, No. 1. – id. 15. DOI: 10.1088/0004-637X/769/1/15
68. Moscadelli L., Cesaroni R., Rioja M. J., Dodson R., and Reid M. J. Methanol and Water Masers in IRAS 20126+4104: The Distance, the Disk, and the Jet // *Astron. Astrophys.* – 2011. – Vol. 526. – id. A66. DOI: 10.1051/0004-6361/201015641
69. Rygl K. L. J., Brunthaler A., Sanna A., Menten K. M., Reid M. J., van Langevelde J. H., Honma M., Torstensson K. J. E., and Fujisawa K. Parallaxes and Proper Motions of Interstellar Masers Toward the Cygnus X Star-Forming Complex. I. Membership of the Cygnus X Region // *Astron. Astrophys.* – 2012. – Vol. 539. – id. A79. DOI: 10.1051/0004-6361/201118211
70. Wu Y., Wu J., and Wang J. A Search for Massive Dense Cores with ¹³CO $J=1-0$ Line // *Astron. Astrophys.* – 2001. – Vol. 380, No. 2. – P. 665–672. DOI: 10.1051/0004-6361:20011498
71. Choi Y. K., Hachisuka K., Reid M. J., Xu Y., Brunthaler A., Menten K. M., and Dame T. M. Trigonometric Parallaxes of Star Forming Regions in the Perseus Spiral Arm // *Astrophys. J.* – 2014. – Vol. 790, No 2. – id. 99. DOI: 10.1088/0004-637X/790/2/99
72. Dzib S., Loinard L., Rodríguez L. F., Mioduszewski A. J., and Torres R. M. VLBA Determination of the Distance to Nearby Star-Forming Regions. VI. The Distance to the Young Stellar Object HW 9 in Cepheus A // *Astrophys. J.* – 2011. – Vol. 733, No 1. – id. 71. DOI: 10.1088/0004-637X/733/1/71
73. Moscadelli L., Reid M. J., Menten K. M., Brunthaler A., Zheng X. W., and Xu Y. Trigonometric Parallaxes of Massive Star-Forming Regions. II. Cep A and NGC 7538 // *Astrophys. J.* – 2009. – Vol. 693, No. 1. – P. 406–412. DOI: 10.1088/0004-637X/693/1/406
74. Szymczak M., Bartkiewicz A., and Richards A. M. S. A Multi-Transition Molecular Line Study of Candidate Massive Young Stellar Objects Associated with Methanol Masers // *Astron. Astrophys.* – 2007. – Vol. 468, No. 2. – P. 617–625. DOI: 10.1051/0004-6361:20077289

REFERENCES

- MENTEN, K., 1991. Methanol Masers and Submillimeter Wavelength Water Masers in Star-Forming Regions. In: *Atoms, Ions and Molecules: New Results in Spectral Line Astrophysics, ASP Conference Series.* vol. 16, pp. 119–136
- BATRLA, W., MATTHEWS, H. E., MENTEN, K. M. and WALMSLEY, C. M., 1987. Detection of strong methanol masers towards galactic H II regions. *Nature.* vol. 326, no. 6108, pp. 49–51. DOI: 10.1038/326049a0
- BRONFMAN, L., NYMAN, L.-A. and MAY, J., 1996. A CS (2-1) Survey of IRAS Point Sources With Color Characteristics of Ultra-Compact H II Regions. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 115, pp. 1–81.
- MOLINARI, S., BRAND, J., CESARONI, R. and PALLA, F., 1996. A Search for Precursors of Ultracompact H II Regions in a Sample of Luminous IRAS Sources. I. Association with Ammonia Cores. *Astron. Astrophys.* vol. 308, pp. 573–587.
- BEUTHER, H., SCHILKE, P., MENTEN, K. M., MOTTE, F., SRIDHARAN, T. K. and WYROWSKI, F., 2002. High-Mass Protostellar Candidates. II. Density Structure from Dust Continuum and CS Emission. *Astrophys. J.* vol. 566, no. 2, pp. 945–965. DOI: 10.1086/338334
- JIJINA, J., MYERS, P. C., and ADAMS, F. C., 1999. Dense Cores Mapped in Ammonia: A Database. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* vol. 125, no.1, pp. 161–236. DOI: 10.1086/313268
- MOTTRAM, J. C., HOARE, M. G., URQUHART, J. S., LUMSDEN, S. L., OUDMAIJER, R. D., ROBITAILLE, T. P., MOORE, T. J. T., DAVIES, B. and STEAD, J., 2011. The Red MSX Source Survey: the Bolometric Fluxes and Luminosity Distributions of Young Massive Stars. *Astron. Astrophys.* vol. 525, id. A149. DOI: 10.1051/0004-6361/201014479
- ZINCHENKO, I., FORSSTROEM, V., LAPINOV, A. and MATTILA, K., 1994. Studies of Dense Molecular Cores in Regions of Massive Star Formation. CS ($J=2-1$) and HCN ($J=1-0$) Observations of 11 Northern Cores. *Astron. Astrophys.* vol. 288, pp. 601–616.
- CESARONI, R., FELLI, M. and WALMSLEY, C. M., 1999. High Density Molecular Clumps Around Protostellar Candidates. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 136, no. 2, pp. 333–361. DOI: 10.1051/aas:1999218
- SHIRLEY, Y. L., EVANS, N. J., YOUNG, K. E., KNEZ, C. and JAFFE, D. T., 2003. A CS ($J=5-4$) Map-

- ping Survey Toward High-Mass Star-forming Cores Associated with Water Masers. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* vol. 149, no. 2, pp. 375–403. DOI: 10.1086/379147
11. WU, J., EVANS, N. J., SHIRLEY, Y. L. and KNEZ, C., 2010. The Properties of Massive, Dense Clumps: Mapping Surveys of HCN and CS. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* vol. 188, no. 2, pp. 313–357. DOI: 10.1088/0067-0049/188/2/313
 12. JUVELA, M., 1996. Studies of Dense Molecular Cores in Regions of Massive Star Formation. IV. Multitransition CS-Study Towards Southern H₂O Masers in the Longitude Range $l=308-360$ deg. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 118, pp. 191–226.
 13. HARJU, J., LEHTINEN, K., BOOTH, R. S. and ZINCHENKO, I., 1998. A Survey of SiO Emission Towards Interstellar Masers – I. SiO Line Characteristics. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 132, no. 2, pp. 211–231. DOI: 10.1051/aas:1998448
 14. ANGLADA, G., ESTALELLA, R., PASTOR, J., RODRIGUEZ, L. F. and HASCHICK, A. D., 1996. A CS and NH₃ Survey of Regions with H₂O Maser Emission. *Astrophys. J.* vol. 463, pp. 205–223. DOI: 10.1086/177235
 15. SZYMCZAK, M., PILLAI, T. and MENTEN, K. M., 2005. Masers as Signposts of High-Mass Protostars. A Water Maser Survey of Methanol Maser Sources. *Astron. Astrophys.* vol. 434, no. 2, pp. 613–621. DOI: 10.1051/0004-6361:20042437
 16. LARIONOV, G. M., VAL'TTS, I. E., WINNBERG, A., JOHANSSON, L. E. B., BOOTH, R. S. and GOLUBEV, V. V., 1999. Survey of Bipolar Outflows and Methanol Masers in the C³²S (2–1) and C³⁴S (2–1) Lines in the Northern Sky. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 139, no. 2, pp. 257–275. DOI: 10.1051/aas:1999392
 17. VAL'TTS, I. E. and LARIONOV, G. M., 2007. A General Catalog of Class I Methanol Masers. *Astron. Rep.* vol. 51, no. 7, pp. 519–530. DOI: 10.1134/S1063772907070013
 18. BAYANDINA, O. S., VAL'TTS, I. E. and LARIONOV, G. M., 2012. Class I Methanol Maser Emission in Infrared Clouds and the Third Version of the Astro Space Center MMI/SFR Catalog. *Astron. Rep.* vol. 56, no. 7, pp. 553–563. DOI: 10.1134/S1063772912060029
 19. PESTALOZZI, M. R., MINIER, V. and BOOTH, R. S., 2005. A General Catalogue of 6.7-GHz Methanol Masers: I. Data. *Astron. Astrophys.* vol. 432, no. 2, pp. 737–742. DOI: 10.1051/0004-6361:20035855
 20. GAN, C.-G., CHEN, X., SHEN, Z.-Q., XU, Y. and JU, B.-G., 2013. A Search for 95 GHz Class I Methanol Masers in Molecular Outflows. *Astrophys. J.* vol. 763, no. 1, id. 2. DOI: 10.1088/0004-637X/763/1/2
 21. CHEN, X., ELLINGSEN, S. P., SHEN, Z.-Q., TITMARSH, A. and GAN, C.-G., 2011. A 95 GHz Class I Methanol Maser Survey Toward Glimpse Extended Green Objects (EGOs). *Astrophys. J. Suppl. Ser.* vol. 196, no. 1, id. 9. DOI: 10.1088/0067-0049/196/1/9
 22. XU, Y., ZHENG, X.-W. and JIANG, D.-R., 2003. Statistical Properties of 6.7 GHz Methanol Maser Sources. *Chin. J. Astro. Astrophys.* vol. 3, no. 1, pp. 49–68.
 23. PIDDYACHYI, V. I., SHULGA, V. M., KOROLEV, A. M. and MYSHENKO, V. V., 2005. High Doping Density Schottky Diodes in the 3mm Wavelength Cryogenic Heterodyne Receiver. *Int. J. Infrared Millimeter Waves.* vol. 26, no. 9, pp. 1307–1315. DOI: 10.1007/s10762-005-7605-6
 24. KUTNER, M. L. and ULICH, B. L., 1981. Recommendations for Calibration of Millimeter-Wavelength Spectral Line Data. *Astrophys. J.* vol. 250, pp. 341–348. DOI: 10.1086/159380
 25. ANTYUFYEV, O. V. and SHULGA, V. M., 2005. PC Based Spectrum Analyzer. *Radiotekhnika.* vol. 10, pp. 145–148 (in Russian).
 26. ANTYUFYEV, O. V., ZUBRIN, S. Y., KOROL, A. M., KOROLEV, A. M., MYSHENKO, V. V., PIDDYACHYI, V. I., POLADICH, A. V., SHKODIN, V. I. and SHULGA, V. M., 2010. Instrumental Complex for Spectral Observations at 85 to 116 GHz at the CrAO RT-22 Radio Telescope. *Radio Phys. Radio Astron.* vol. 15, no. 4, pp. 369–375 (in Russian).
 27. SZYMCZAK, M., HRYNEK, G. and KUS, A. J., 2000. A Survey of the 6.7 GHz Methanol Maser Emission from IRAS Sources – I. Data. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 143, no. 2, pp. 269–301. DOI: 10.1051/aas:2000334
 28. FONTANI, F., CESARONI, R. and FURUYA, R. S., 2010. Class I and Class II Methanol Masers in High-Mass Star-Forming Regions. *Astron. Astrophys.* vol. 517, id. A56. DOI: 10.1051/0004-6361/200913679
 29. BLASZKIEWICZ, L. and KUS, A. J., 2004. 12.2 GHz Survey Towards 6.7 GHz Methanol Masers – A Comparison of 12.2 GHz and 6.7 GHz Spectra. *Astron. Astrophys.* vol. 413, no. 1, pp. 233–240. DOI: 10.1051/0004-6361:20031451
 30. BREEN, S. L., ELLINGSEN, S. P., CASWELL, J. L., GREEN, J. A., VORONKOV, M. A., FULLER, G. A., QUINN, L. J. and AVISON, A., 2012. 12.2-GHz Methanol Maser Methanol Multibeam Follow-up Catalogue – II. Longitude Range 186°–330°. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* vol. 426, no. 3, pp. 2189–2207. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2012.21759.x
 31. MINIER, V., CONWAY, J. E. and BOOTH, R. S., 2001. VLBI Observations of 6.7 and 12.2 GHz Methanol Masers Toward High Mass Star-Forming Regions. II. Tracing Massive Protostars. *Astron. Astrophys.* vol. 369, no. 1, pp. 278–290. DOI: 10.1051/0004-6361:20010124
 32. CASWELL, J. L., YI, J., BOOTH, R. S. and CRAGG, D. M., 2000. Methanol Masers at 107.0 and 156.6 GHz. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* vol. 313, no. 3, pp. 599–616. DOI: 10.1046/j.1365-8711.2000.03277.x
 33. SZYMCZAK, M., KUS, A. J., HRYNEK, G., KĚPA, A. and PAZDERSKI, E., 2002. 6.7 GHz Methanol Masers at Sites of Star Formation. A Blind Survey of the Galactic Plane Between $20^\circ \leq l \leq 40^\circ$ and $|b| \leq 0.52^\circ$. *Astron. Astrophys.* vol. 392, no. 1, pp. 277–286. DOI: 10.1051/0004-6361:20020907
 34. CASWELL, J. L., VAILE, R. A., ELLINGSEN, S. P. and NORRIS, R. P., 1995. Galactic Methanol Masers at 12 GHz. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* vol. 274, no. 4, pp. 1126–1152. DOI: 10.1093/mnras/274.4.1126
 35. PANDIAN, J. D., GOLDSMITH, P. F. and DESHPANDE, A. A., 2007. The Arecibo Methanol Maser Galactic Plane Survey. I. Data. *Astrophys. J.* vol. 656, no. 1, pp. 255–274. DOI: 10.1086/510512
 36. SZYMCZAK, M., WOLAK, P., BARTKIEWICZ, A. and BORKOWSKI, K., 2012. The Torun Catalogue of 6.7 GHz Methanol Masers. *Astron. Nachr.* vol. 333, no. 7, pp. 634–639. DOI: 10.1002/asna.201211702

37. CATARZI, M., MOSCADELLI, L. and PANELLA, D., 1993. Observation of Methanol Maser Sources with the Arcetri 12 GHz Receiver. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 98, no. 1, pp. 127–135.
38. WILSON, T. L., WALMSLEY, C. M., JEWELL, P. R. and SNYDER, L. E., 1984. Detection of a New Type of Methanol Maser. *Astron. Astrophys.* vol. 134, pp. L7–L10.
39. WILSON, T. L., WALMSLEY, C. M., MENTEN, K. M. and HERMSEN, W., 1985. The Discovery of a New Maser Transition of Interstellar Methanol. *Astron. Astrophys.* vol. 147, pp. L19–L22.
40. PESTALOZZI, M. R., MINIER, V., MOTTE, F. and CONWAY, J. E., 2006. Discovery of Two New Methanol Masers in NGC 7538. Locating of Massive Protostars. *Astron. Astrophys.* vol. 448, no. 3, pp. L57–L60. DOI: 10.1051/0004-6361:200600006
41. RYGL, K. L. J., BRUNTHALER, A., REID, M. J., MENTEN, K. M., VAN LANGEVELDE, H. J. and XU, Y., 2010. Trigonometric Parallaxes of 6.7 GHz Methanol Masers. *Astron. Astrophys.* vol. 511, id. A2. DOI: 10.1051/0004-6361/200913135
42. SCHENCK, D. E., SHIRLEY, Y. L., REITER, M. and JUNEAU, S., 2011. Testing the Global Star Formation Relation: An HCO⁺ (3–2) Mapping Study of Red MSX Sources in the Bolocam Galactic Plane Survey. *Astron. J.* vol. 142, no. 3, id. 94. DOI: 10.1088/0004-6256/142/3/94
43. SATO, M., HIROTA, T., HONMA, M., KOBAYASHI, H., SASAO, T., BUSHIMATA, T., CHOI, Y. K., IMAI, H., IWADATE, K., JIKE, T., KAMENO, S., KAMEYA, O., KAMOHARA, R., KAN-YA, Y., KAWAGUCHI, N., KIM, M. K., KUJI, S., KURAYAMA, T., MANABE, S., MATSUI, M., MATSUMOTO, N., MIYAJI, T., NAGAYAMA, T., NAKAGAWA, A., NAKAMURA, K., OH, C. S., OMODAKA, T., OYAMA, T., SAKAI, S., SATO, K., SHIBATA, K. M., TAMURA, Y. and YAMASHITA, K., 2008. Distance to NGC 281 in a Galactic Fragmenting Superbubble: Parallax Measurements with VERA. *Publ. Astron. Soc. Jpn.* vol. 60, is. 5, 575–589. DOI: 10.1093/pasj/60.5.975
44. LUMSDEN, S. L., HOARE, M. G., URQUHART, J. S., OUDMAIJER, R. D., DAVIES, B., MOTTRAM, J. C., COOPER, H. D. B. and MOORE, T. J. T., 2013. The Red MSX Source Survey: The Massive Young Stellar Population of Our Galaxy. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* vol. 208, no. 1, id. 11. DOI: 10.1088/0067-0049/208/1/11
45. WOUTERLOOT, J. G. A. and BRAND, J., 1989. IRAS Sources Beyond the Solar Circle. I. CO Observations. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 80, no. 2, pp. 149–187.
46. HIROTA, T., BUSHIMATA, T., CHOI, Y. K., HONMA, M., IMAI, H., IWADATE, K., JIKE, T., KAMENO, S., KAMEYA, O., KAMOHARA, R., KAN-YA, Y., KAWAGUCHI, N., KIJIMA, M., KIM, M. K., KOBAYASHI, H., KUJI, S., KURAYAMA, T., MANABE, S., MARUYAMA, K., MATSUI, M., MATSUMOTO, N., MIYAJI, T., NAGAYAMA, T., NAKAGAWA, A., NAKAMURA, K., OH, C. S., OMODAKA, T., OYAMA, T., SAKAI, S., SASAO, T., SATO, K., SATO, M., SHIBATA, K. M., SHINTANI, M., TAMURA, Y., TSUSHIMA, M. and YAMASHITA, K., 2007. Distance to Orion KL Measured with VERA. *Publ. Astron. Soc. Jpn.* vol. 59, is. 5, pp. 897–903. DOI: 10.1093/pasj/59.5.897
47. HUGHES, V. A. and MACLEOD, G. C., 1993. A Comparison of the Infrared Luminosity and Ionizing Luminosity of Selected Star Forming Regions. *Astron. J.* vol. 105, no. 4, pp. 1495–1504. DOI: 10.1086/116528
48. HOU, L. G. and HAN, J. L., 2014. The Observed Spiral Structure of the Milky Way. *Astron. Astrophys.* vol. 569, id. A125. DOI: 10.1051/0004-6361/201424039
49. OH, C. S., KOBAYASHI, H., HONMA, M., HIROTA, T., SATO, K. and UENO, Y., 2010. VERA Observations of H₂O Maser Sources in Three Massive Star-Forming Regions and Galactic Rotation Measurements. *Publ. Astron. Soc. Jpn.* vol. 62, is. 1, pp. 101–114. DOI: 10.1093/pasj/62.1.101
50. NIINUMA, K., NAGAYAMA, T., HIROTA, T., HONMA, M., MOTOGI, K., NAKAGAWA, A., KURAYAMA, T., KAN-YA, Y., KAWAGUCHI, N., KOBAYASHI, H. and UENO, Y., 2011. Astrometry of H₂O Masers in the Massive Star-Forming Region IRAS 06061+2151 with VERA. *Publ. Astron. Soc. Jpn.* vol. 63, is. 1, pp. 9–16. DOI: 10.1093/pasj/63.1.9
51. BURNS, R. A., HANDA, T., NAGAYAMA, T., SUNADA, K. and OMODAKA, T., 2016. H₂O Masers in a Jet-Driven Bow Shock: Episodic Ejection from a Massive Young Stellar Object. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* vol. 460, is. 1, pp. 283–290. DOI: 10.1093/mnras/stw958
52. HONMA, M., BUSHIMATA, T., CHOI, Y. K., HIROTA, T., IMAI, H., IWADATE, K., JIKE, T., KAMEYA, O., KAMOHARA, R., KAN-YA, Y., KAWAGUCHI, N., KIJIMA, M., KOBAYASHI, H., KUJI, S., KURAYAMA, T., MANABE, S., MIYAJI, T., NAGAYAMA, T., NAKAGAWA, A., OH, C. S., OMODAKA, T., OYAMA, T., SAKAI, S., SATO, K., SASAO, T., SHIBATA, K. M., SHINTANI, M., SUDA, H., TAMURA, Y., TSUSHIMA, M. and YAMASHITA, K., 2007. Astrometry of Galactic Star-Forming Region Sharpless 269 with VERA: Parallax Measurements and Constraint on Outer Rotation Curve. *Publ. Astron. Soc. Jpn.* vol. 59, is. 5, pp. 889–895. DOI: 10.1093/pasj/59.5.889
53. ZHANG, B., MOSCADELLI, L., SATO, M., REID, M. J., MENTEN, K. M., ZHENG, X. W., BRUNTHALER, A., DAME, T. M., XU, Y. and IMMER, K., 2014. The Parallax of W43: a Massive Star-forming Complex near the Galactic Bar. *Astrophys. J.* vol. 781, no. 2, id. 89. DOI: 10.1088/0004-637X/781/2/89
54. MOISÉS, A. P., DAMINELLI, A., FIGUERÊDO, E., BLUM, R. D., CONTI, P. S. and BARBOSA, C. L., 2011. Spectrophotometric Distances to Galactic H II Regions. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* vol. 411, no. 2, pp. 705–760. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.17713.x
55. WU, Y. W., SATO, M., REID, M. J., MOSCADELLI, L., ZHANG, B., XU, Y., BRUNTHALER, A., MENTEN, K. M., DAME, T. M. and ZHENG, X. W., 2014. Trigonometric Parallaxes of Star-Forming Regions in the Sagittarius Spiral Arm. *Astron. Astrophys.* vol. 566, id. A17. DOI: 10.1051/0004-6361/201322765
56. ANDERSON, L. D., BANIA, T. M., BALSER, D. S., CUNNINGHAM, V., WENGER, T. V., JOHNSTONE, B. M. and ARMENTROUT, W. P., 2014. The WISE Catalog of Galactic H II Regions. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* vol. 212, no. 1, id. 1. DOI: 10.1088/0067-0049/212/1/1

57. TRAFICANTE, A., FULLER, G. A., PERETTO, N., PINEDA, J. E. and MOLINARI, S., 2015. The Initial Conditions of Stellar Protocluster Formation – II. A Catalogue of Starless and Protostellar Clumps Embedded in IRDCs in the Galactic Longitude Range $15^\circ \leq l \leq 55^\circ$. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* vol. 451, no. 3, pp. 3089–3106. DOI: 10.1093/mnras/stv1158
58. FAÚNDEZ, S., BRONFMAN, L., GARAY, G., CHINI, R., NYMAN, L.-Å. and MAY, J., 2004. SIMBA Survey of Southern High-Mass Star Forming Regions. I. Physical Parameters of the 1.2 mm/IRAS Sources. *Astron. Astrophys.* vol. 426, pp. 97–103. DOI: 10.1051/0004-6361:20035755
59. SCHLINGMAN, W. M., SHIRLEY, Y. L., SCHENK, D. E., ROSOLOWSKY, E., BALLY, J., BATTERSBY, C., DUNHAM, M. K., ELLSWORTH-BOWERS, T. P., EVANCE II, N. J., GINSBURG, A. and STRINGFELLOW, G., 2011. The Bolocam Galactic Plane Survey. V. HCO⁺ and N₂H⁺ Spectroscopy of 1.1 mm Dust Continuum Sources. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* vol. 195, no. 2, id. 14. DOI: 10.1088/0067-0049/195/2/14
60. CYGANOWSKI, C. J., KODA, J., ROSOLOWSKY, E., TOWERS, S., MEYER, J. D., EGUSA, F., MOMOSE, R. and ROBITAILLE, T. P., 2013. A Water Maser and NH₃ Survey of GLIMPSE Extended Green Objects. *Astrophys. J.* vol. 764, no. 1, id. 61. DOI: 10.1088/0004-637X/764/1/61
61. LI, F. C., XU, Y., WU, Y. W., YANG, J., LU, D. R., MENTEN, K. M. and HENKEL, C., 2016. Ammonia and CO Outflow Around 6.7 GHz Methanol Masers. *Astron. J.* vol. 152, no. 4, id. 92. DOI: 10.3847/0004-6256/152/4/92
62. ZHANG, B., REID, M. J., MENTEN, K. M., ZHENG, X. W., BRUNTHALER, A., DAME, T. M. and XU, Y., 2013. Parallaxes for W49N and G048.60+0.02: Distant Star Forming Regions in the Perseus Spiral Arm. *Astrophys. J.* vol. 775, no. 1, id. 79. DOI: 10.1088/0004-637X/775/1/79
63. URQUHART, J. S., MOORE, T. J. T., HOARE, M. G., LUMSDEN, S. L., OUDMAIJER, R. D., RATHBORNE, J. M., MOTTRAM, J. C., DAVIES, B. and STEAD, J. J., 2011. The Red MSX Source Survey: Distribution and Properties of a Sample of Massive Young Stars. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* vol. 410, no. 2, pp. 1237–1250. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.17514.x
64. XU, Y., REID, M. J., MENTEN, K. M., BRUNTHALER, A., ZHENG, X. W. and MOSCADELLI, L., 2009. Trigonometric Parallaxes of Massive Star-Forming Regions: III. G59.7+0.1 and W 51 IRS2. *Astrophys. J.* vol. 693, pp. 413–418. DOI: 10.1088/0004-637X/693/1/413
65. RUSSEIL, D., 2003. Star-Forming Complexes and the Spiral Structure of Our Galaxy. *Astron. Astrophys.* vol. 397, no. 1, pp. 133–146. DOI: 10.1051/0004-6361:20021504
66. SLYSH, V. I., VAL'TTS, I. E., KALENSKII, S. V., VORONKOV, M. A., PALAGI, F., TOFANI, G. and CATARZI, M., 1999. The Medicina Survey of Methanol Masers at 6.7 GHz. *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* vol. 134, no. 1, pp. 115–128. DOI: 10.1051/aas:1999127
67. XU, Y., LI, J. J., REID, M. J., MENTEN, K. M., ZHENG, X. W., BRUNTHALER, A., MOSCADELLI, L., DAME, T. M. and ZHANG, B., 2013. On the Nature of the Local Spiral Arm of the Milky Way. *Astrophys. J.* vol. 769, no. 1, id. 15. DOI: 10.1088/0004-637X/769/1/15
68. MOSCADELLI, L., CESARONI, R., RIOJA, M. J., DODSON, R. and REID, M. J., 2011. Methanol and Water Masers in IRAS 20126+4104: the Distance, the Disk, and the Jet. *Astron. Astrophys.* vol. 526, id. A66. DOI: 10.1051/0004-6361/201015641
69. RYGL, K. L. J., BRUNTHALER, A., SANNA, A., MENTEN, K. M., REID, M. J., VAN LANGEVELDE, J. H., HONMA, M., TORSTENSSON, K. J. E. and FUJISAWA, K., 2012. Parallaxes and Proper Motions of Interstellar Masers Toward the Cygnus X Star-Forming Complex. I. Membership of the Cygnus X Region. *Astron. Astrophys.* vol. 539, id. A79. DOI: 10.1051/0004-6361/201118211
70. WU, Y., WU, J. and WANG, J., 2001. A Search for Massive Dense Cores with ¹³CO $J=1-0$ Line. *Astron. Astrophys.* vol. 380, no. 2, pp. 665–672. DOI: 10.1051/0004-6361:20011498
71. CHOI, Y. K., HACHISUKA, K., REID, M. J., XU, Y., BRUNTHALER, A., MENTEN, K. M. and DAME, T. M., 2014. Trigonometric Parallaxes of Star Forming Regions in the Perseus Spiral Arm. *Astrophys. J.* vol. 790, no. 2, id. 99. DOI: 10.1088/0004-637X/790/2/99
72. DZIB, S., LOINARD, L., RODRÍGUEZ, L. F., MIODUSZEWSKI, A. J. and TORRES, R. M., 2011. VLBA Determination of the Distance to Nearby Star-Forming Regions. VI. The Distance to the Young Stellar Object HW9 in Cepheus A. *Astrophys. J.* vol. 733, no. 1, id. 71. DOI: 10.1088/0004-637X/733/1/71
73. MOSCADELLI, L., REID, M. J., MENTEN, K. M., BRUNTHALER, A., ZHENG, X. W. and XU, Y., 2009. Trigonometric Parallaxes of Massive Star-Forming Regions. II. Cep A and NGC 7538. *Astrophys. J.* vol. 693, no. 1, pp. 406–412. DOI: 10.1088/0004-637X/693/1/406
74. SZYM CZAK, M., BARTKIEWICZ, A. and RICHARDS, A. M. S., 2007. A Multi-Transition Molecular Line Study of Candidate Massive Young Stellar Objects Associated with Methanol Masers. *Astron. Astrophys.* vol. 468, no. 2, pp. 617–625. DOI: 10.1051/0004-6361:20077289

O. M. Patoka, V. M. Shulga, O. V. Antyufeyev, S. Y. Zubrin,
V. V. Myshenko, A. M. Korolev, and V. I. Pid'yachiy

Institute of Radio Astronomy,
National Academy of Sciences of Ukraine,
4, Mystetstv St., Kharkiv, 61002, Ukraine

REGIONS OF EXISTENCE OF THE CLASS II METHANOL MASERS. STATISTICAL FEATURES OF EMISSION IN CS ($J = 2 - 1$) LINE

Purpose: The statistical features of emission in CS ($J = 2 - 1$) line, Class II methanol masers and IR sources in the regions associated with the Class II methanol masers are studied.

Design/methodology/approach: The survey is performed at the CS ($J = 2 - 1$) line transition frequency, since this molecule is a solid gas tracer in which the conditions for the existence of methanol masers should arise.

Findings: For the sources with which the Class II methanol masers are associated the dependences $\log L_{CS} - \log L_{bol}$, $\log L_{meth} - \log L_{CS}$, and $\log L_{meth} - \log L_{bol}$ have been found.

It is shown that on the average, the emission in the CS ($J = 2 - 1$) line toward Class II methanol masers is more often detected in those sources which are associated with the higher bolometric luminosity IR sources.

Conclusions: The survey of the emission in the CS ($J = 2 - 1$) line toward Class II methanol masers for the northern celestial hemisphere was carried out. The statistical features of the emission in the CS ($J = 2 - 1$) line, Class II methanol masers and IR sources are shown.

Key words: methanol masers, CS, dense cores, star formation

О. М. Патока, В. М. Шульга, О. В. Антюфеев,
С. Ю. Зубрін, В. В. Мищенко, О. М. Корольов, В. І. Піддячий

Радіоастрономічний інститут НАН України,
вул. Мистецтв, 4, м. Харків, 61002, Україна

ОБЛАСТІ ІСНУВАННЯ МЕТАНОЛЬНИХ МАЗЕРІВ
КЛАСУ II. СТАТИСТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ
ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЛІНІЇ CS ($J = 2 - 1$)

Предмет і мета роботи: Досліджуються статистичні особливості випромінювання в лінії CS ($J = 2 - 1$), метанольних

мазерів класу II і інфрачервоних джерел в областях, що асоціюються з метанольними мазерами класу II.

Методи та методологія: Огляд виконано на частоті випромінювання лінії молекули CS ($J = 2 - 1$), яка є індикатором областей щільного газу, де мають виникати умови для існування метанольних мазерів.

Результати: Знайдено вид залежностей $\log L_{CS} - \log L_{bol}$, $\log L_{meth} - \log L_{CS}$ і $\log L_{meth} - \log L_{bol}$ для джерел, з якими асоціюються метанольні мазери класу II. Показано, що в середньому випромінювання в лінії CS ($J = 2 - 1$) в напрямку метанольних мазерів класу II частіше реєструється в тих джерелах, які асоціюються з інфрачервоними джерелами з більшою болометричною світимістю.

Висновки: Виконано огляд випромінювання в лінії CS ($J = 2 - 1$) у напрямку на області існування метанольних мазерів для північної небесної півсфери. Показано статистичні особливості випромінювання в лінії CS ($J = 2 - 1$), метанольних мазерів класу II та інфрачервоних джерел.

Ключові слова: метанольні мазери, CS, щільні ядра, зіркування

Статья поступила в редакцию 26.07.2017