

УДК 524.5
PACS numbers: 95.85.Bh, 97.10.Bt, 98.38.Er

**А. Н. Патока, В. М. Шульга, А. В. Антюфеев,
В. В. Мышенко, А. М. Королев, В. И. Подъячий**

Радиоастрономический институт Национальной академии наук Украины,
ул. Мистецтв, 4, г. Харьков, 61002, Украина
E-mail: alekseypatoka@rian.kharkov.ua, shulga@rian.kharkov.ua, antyuf@rian.kharkov.ua,
vmyshen@rian.kharkov.ua, k_w_m@ukr.net, valeriy.piddyachiy@gmail.com

Обзор областей с метанольными мазерами в линии CS ($J = 2-1$). Статистические характеристики излучений

Цель работы заключается в установлении отношений между параметрами излучения метанольного мазера, который возникает в плотных областях звездообразования, и параметрами плотного ядра, которые определялись по излучению молекулы CS. Нашими наблюдениями было охвачено 164 источника в направлении на позиции метанольных мазеров с использованием RT-22 в КраО, Украина. Для 85 источников было обнаружено излучение в линии CS ($J = 2-1$). Большинство источников были выбраны из каталогов метанольных мазеров как класса I, так и класса II. Для метанольных мазеров северной небесной полусферы это самый полный обзор в линии CS ($J = 2-1$). Проведен сравнительный анализ параметров спектров CS ($J = 2-1$) и метанольных мазеров, светимостей плотных ядер и инфракрасных источников. Изучаются уровни обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$), интенсивности и ширины линий CS ($J = 2-1$), разности между систематическими скоростями и скоростями центров мазерных линий. Показаны различия уровней обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) для разных выборок источников. Найден вид зависимостей $\lg L_{CS}$ от $\lg L_{bol}$, $\lg L_{mas}$ от $\lg L_{CS}$ и $\lg L_{mas}$ от $\lg L_{bol}$ для источников, с которыми ассоциируются метанольные мазеры. На основе данных о светимости инфракрасных источников определены выборки источников, в которых излучение в линии CS ($J = 2-1$) регистрируется с большей вероятностью.

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

ВВЕДЕНИЕ

Регистрация мазерного излучения ряда молекул (H_2O , OH, SiO, CH_3OH , HCN и др.) является наблюдательным признаком формирования молодых звезд в молекулярных облаках. По числу доступных для наблюдений в микроволновом и субмиллиметровом диапазоне вращательно-колебательных переходов молекулы гидроксила и метанола относятся к наиболее информативных для изучения областей и процессов звездообразования. Так, молекула метанола CH_3OH может наблюдаться на более чем 20 мазерных переходах [79].

Мазерное излучение молекулы гидроксила и метанола на различных переходах возникает вследствие двух основных механизмов возбуждения — радиационного и столкновительного (в основном с молекулами H_2) [10, 71]. Характеристики мазерного излучения определяются как механизмом возбуждения, так и свойствами тех молекулярных областей, в которых они имеют место. Поэтому исследование мазеров сопровождается изучением излучения молекул, образующих молекулярное облако. Поскольку мазеры, как правило, возникают в наиболее плотных областях, ядрах, то для их изучения используются молекулы, являющиеся индикаторами молекулярного газа большой плотности (CS, NH_3 , HCN, HCO^+).

Возможности использования молекулы CS очень хорошо представлены в исследованиях свойств молекулярных образований, связанных с областями звездообразования, массивными плотными ядрами [7, 39, 115, 127], вблизи протозвезд большой массы [12], IRAS-источников и ультракомпактными областями H II [19], инфракрасными темными облаками (IRDC) [41,89], объектами с биполярными потоками [63].

Мазерное излучение метанола ассоциируется с областями массивного звездообразования [42, 59, 60], инфракрасными источниками [26, 100] молодыми звездными объектами [42, 67], областями UC H II [51], протяженными зелеными объектами (EGOs) [27, 31], областями, где наблюдается мазерное излучение других молекул [4], с остатками сверхновых, которые стимулируют образование областей звездообразования [4, 128]. В настоящее время большинство исследованных объектов собраны в обширные каталоги [23, 38, 40, 42, 60, 85, 90, 102, 111]. Это позволило начать изучение статистических свойств метанольных мазеров как класса I, так и класса II, излучающих на разных переходах молекулы метанола [14, 22, 32, 54, 108, 112].

Все эти исследования подтверждают, что метанольные мазеры образуются в молекулярном газе в областях звездообразования, физические свойства которых определяются по излучению тепловых ли-

ний различных молекул. Первые работы по их совместному изучению были выполнены для H₂O-мазеров (см., например, SiO-наблюдения в работе [43] и HCO⁺-анализ в работе [82]). Статистическое сравнение параметров и свойств излучения этих молекул и мазерное излучение метанола проведено в ряде исследований с использованием молекул CO, ¹³CO и NH₃ [65, 119], молекулы HCO⁺ [120, 124], и молекулы CS [3, 54, 62, 84]. Одной из целей этих исследований было уточнение физических условий, в которых возникают метанольные мазеры. Тем не менее, природа мазеров CH₃OH еще не до конца понятна, и необходимы дополнительные исследования.

Мазерное излучение молекулы метанола может возникать как в массивных областях звездообразования, так и при формировании звезд малых масс. Оно наблюдается на разных стадиях эволюции протозвезд. Метанольные мазеры класса I демонстрируют корреляцию между свойствами их излучения и областями ударных волн или молекулярных потоков. В ряде исследований их связывают с протяженными зелеными объектами EGOs [28]. Метанольные мазеры класса II ассоциируются с ИК-источниками, молодыми звездными объектами. В большом числе областей звездообразования наблюдаются метанольные мазеры обоих классов, что может свидетельствовать об отклонениях от их установленной классификации и существовании мазеров смешанного типа [12,42]. Но такие мазеры все еще четко не выделены в отдельный класс.

Плотные ядра звездообразования, как уже описывалось в работах [27, 100], можно разделить на три группы: в которых присутствуют метанольные мазеры только I класса, в которых есть метанольные мазеры только II класса и в которых есть метанольные мазеры обоих классов. Данное разделение указывает на различные эволюционные стадии [38], а наличие определенных мазеров должно указывать на конкретный этап эволюции протозвезды. Но этот факт все еще остается до конца неисследованным. В работах [27, 35] указывается на то, что метанольные мазеры класса I могут возникать повторно на более поздних этапах эволюции протозвезды, что будет влиять на точность определения эволюционной стадии. Однако данное влияние не было достаточно исследовано ранее. Недостаточное количество наблюдательных данных также может приводить к неточности при построении временной шкалы эволюции протозвезды только по мазерам. Уменьшить влияние недостатка данных можно, исследуя большое количество ядер, что делалось ранее [17], или исследуя физические условия внутри них с использованием молекул-индикаторов плотного газа [18, 64]. На данный момент все еще нет детальной наблюдательной эволюционной последовательности для массивных молодых звездных объектов, что ограничивает наше понимание ранних стадий формирования звезд большой массы.

Несмотря на многочисленные обзоры областей наличия метанольных мазеров с использованием разных молекул ни в одном из них не

проведен анализ особенностей их теплового излучения в зависимости от многообразия мазерных переходов и класса метанольных мазеров. Данная работа является продолжением предыдущих наших исследований [3, 84]. В ней приведены результаты наблюдений молекулы CS ($J=2-1$) и собраны данные о характеристиках излучения метанольных мазеров классов I и II на различных переходах, впервые наиболее полно охватывающие северное полушарие небесной сферы. Проведен сравнительный анализ наблюдаемых характеристик спектров (интенсивности, ширины и центральной скорости линии соответствующего перехода) молекулы CS ($J=2-1$) и мазерного излучения молекулы метанола, а также анализ зависимостей светимостей источников в линии CS ($J=2-1$) и метанольных мазеров обоих классов от болометрической светимости плотных ядер, с которыми ассоциируются метанольные мазеры. Статистические исследования физических свойств плотных ядер, определенных по излучению линий CS ($J=2-1$), и определение эволюционной стадии выбранных источников будут проведены в следующих работах.

НАБЛЮДЕНИЯ И ОТБОР ИСТОЧНИКОВ

Наблюдения молекулы CS ($J=2-1$) были выполнены с помощью радиотелескопа РТ-22 Крымской астрофизической обсерватории (Украина) в октябре — ноябре месяцах с 2007 по 2013 гг. Наблюдалось излучение молекулы CS на частоте 97.98 ГГц на различных переходах. В отличие от большинства предшествующих исследований, наши измерения проводились точно в направлении точек излучения метанольных мазеров.

Наблюдения выполнялись с использованием криогенной приемной системы, двухполосная шумовая температура которой не превышала 85 К [87]. 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 по черному телу [61]. Для спектрального анализа принимаемого излучения использовался фурье-спектроанализатор с полосой обзора 14 МГц [2] 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 диаграммной модуляции (расстояние между лучами по углу склонения составляло примерно 10°). 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 проверялось по наблюдению планет в континууме ежегодно в начале и в конце каждой наблюдательной сессии. 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 площади эффективной поверхности антенны в зависимости от угла места источника, которое определялось по методике, описанной в работе [1].

Источники. Для исследований было отобрано 164 источника, которые могли наблюдаться на радиотелескопе РТ-22 при углах места выше 40°. Практически вся выборка находится на северной небесной полусфере, за исключением пяти источников, которые все же удовлетворяют указанному выше критерию отбора для радиотелескопа РТ-22. Источники отобраны из каталогов, составленных для разных мазерных переходов молекулы метанола [11, 27, 40, 85, 111, 123], и содержат метанольные мазеры классов I и II.

Список исследуемых источников в направлении на точки зарегистрированных метанольных мазеров, результаты детектирования излучения молекулы CS ($J = 2-1$) и данные об областях, в направлении которых проводились исследования, приведены в табл. 1(II) Приложения. В первой графе приводится номер ID наблюдений; во второй и третьей — имя мазера и имя области, с которым ассоциируется мазер; в четвертой — экваториальные координаты на эпоху J2000; в пятой — лучевая скорость V_{LSR} мазера, которая использовалась для наблюдений; в шестой — признак регистрации излучения в линии CS ($J = 2-1$) (Y — излучение обнаружено, N — не обнаружено); в седьмой — среднее квадратичное отклонение СКО шума, в восьмой графе приводятся ссылки на литературные источники данных о метанольном мазере, в девятой и десятой графах приведены расстояние d до области и соответствующий литературный источник, в одиннадцатой — двенадцатой графах приведена болометрическая светимость L_{bol} ИК-объектов, ассоциируемых с мазерами, и соответствующий литературный источник. Индекс « » 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 светимость, то в табл. 1(II) приводится их сумма (в таблице эти светимости обозначены индексом «+»). Звездочкой отмечены оценки L_{bol} , рассчитанные по литературным данным об интегральной плотности потока и расстоянии до областей звездообразования с использованием формулы

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

где L_{\odot} — болометрическая светимость Солнца, Вт; S_{int}^{IR} — интегральная плотность потока от ИК-источника, Вт. В этом случае ссылка в двенадцатой графе указывает на источник данных об интегральной плотности потока ИК-источника.

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

Данные о метанольных мазерах представлены в табл. 2(П) Приложения. Кроме мазеров, в направлении которых проводились наблюдения, в табл. 2(П) приведены известные мазеры на различных переходах, которые ассоциируются с наблюдаемым источником. Считалось, что метанольный мазер ассоциируется с источником, если он находится на расстоянии не более $20''$. Табл. 2(П) размещена на разворотах страниц Приложения и содержит четыре основных блока: « $5_1 - 6_0 A$ 6.7 ГГц», « $7_0 - 6_1 A$ 44 ГГц», « $8_0 - 7_1 A$ 95 ГГц» и «Другие мазеры CH_3OH ». В этих основных блоках для каждого источника приводятся известные данные о метанольных мазерах на различных переходах. Для каждого мазера приводится его имя, лучевая скорость V_{LSR} , данные об интегральной интенсивности мазера, соответствующие литературные ссылки и светимость мазера L_{mas} , рассчитанная нами в предположении изотропного излучения для тех же расстояний, для которых приведены ИК-светимости в табл. 1(П). Для граф «Другие мазеры CH_3OH » также приводится информация о мазерном переходе. Для метанольных мазеров на переходе $5_1 - 6_0 A$ данные об интегральной интенсивности приводятся в нижней строке в ячейке, так как эти данные взяты из литературы, отличной от той, из которой взяты спектральные характеристики метанольных мазеров на данном переходе. Звездочкой обозначены значения интегральной интенсивности, рассчитанные нами в настоящей работе с использованием параметров мазерной линии в предположении, что форма линии близка к гауссиане. Приведенные в табл. 2(П) светимости метанольных мазеров рассчитаны в предположении изотропного излучения по формуле

$$\frac{L_{mas}}{L_{\odot}} = 4 \frac{\nu_0}{c} S_{int}^{mas} 10^{23} d^2, \quad (2)$$

где ν_0 — частота перехода метанольного мазера; S_{int}^{mas} — интегральная интенсивность метанольного мазера, Ян км/с.

Такой метод представления табл. 2(П) позволяет легко найти информацию о метанольных мазерах для каждого исследуемого источника и определить, в направлении каких источников, возможно, еще недостаточно изучено наличие метанольных мазеров.

Таким образом, из отобранных 164 источников в 121 (74 % от общего количества) есть метанольные мазеры класса II, а в 90 (55 %) — мазеры класса I. Среди них есть источники, в которых наблюдаются метанольные мазеры обоих классов (47 источников или 29 %). В 43 источниках (26 %) имеются только мазеры класса I, а в 74 — только класса II (45 %). Мазеры класса II распределены в зависимости от перехода и частоты следующим образом: $5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц) — 117 источников, $2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц) — 29 источников, по одному источнику с мазерами $2_1 - 3_0 E$ (19.967 ГГц), $9_2 - 10_1 A$ (23.12 ГГц), $7_2 - 8_1 E$ (37.7 ГГц) и

3 источника с мазерами $3_1\ 4_0A$ (107.0 ГГц). Соответственно мазеры класса I распределены так: $4_1\ 3_0E$ (36.2 ГГц) — 13, $7_0\ 6_1A$ (44.1 ГГц) — 57, $5_1\ 4_0E$ (84.4 ГГц) — 1, $8_0\ 7_1A$ (95 ГГц) — 70, и $6_1\ 5_0E$ (133 ГГц) — 4 источника. На основании сказанного выше можно определить выборки источников, которые достаточно представлены для выполнения статистического анализа, и назвать их соответственно: «Все источники», «Класс I», «Класс II», «Только класс I», «Только класс II», «Класс I и класс II», « $5_1\ 6_0A$ (6.7 ГГц)», « $2_0\ 3_1E$ (12.2 ГГц)», « $7_0\ 6_1A$ (44 ГГц)» и « $8_0\ 7_1A$ (95 ГГц)».

РЕЗУЛЬТАТЫ

Излучение в линии CS ($J = 2-1$). Линия излучения молекулы CS ($J = 2-1$) наблюдалась в 85 источниках (52 % от общего числа источников). Обработка данных проводилась с использованием программы для обработки спектральных данных CASSIS, разработанной в IRAP-UPS/CNRS [<http://cassis.irap.omp.eu>] и наших оригинальных программ. Базовая линия корректировалась с использованием полиномов порядка меньше 3. Затем производилась аппроксимация наблюдаемой формы линии излучения функцией Гаусса. В табл. 3 приведены параметры наблюдавшихся линий CS ($J = 2-1$): номер ID наблюдения, лучевая скорость V_{LSR} центра линии; полуширина $FWHM$ линии, определенная по уровню 0.5 от максимальной интенсивности, максимальная интенсивность T_{mb} , определенная с учетом зависимости коэффициента использования диаграммы направленности радиотелескопа PT-22 от угла места наблюдаемого источника; интегральная интенсивность S_{int} линии, а также светимость излучения источника в линии CS ($J = 2-1$). В некоторых источниках линия имела сложную структуру с несколькими компонентами, которую мы аппроксимировали несколькими гауссианами. В этом случае в табл. 3 приводятся данные для всех компонентов. Светимости в линии CS ($J = 2-1$) рассчитаны в предположении изотропного излучения для тех же расстояний, для которых приведены ИК-светимости по формуле

$$\frac{L_{CS}}{L_{\odot}} = 4 \frac{\nu_0}{c} S_{int}^{CS} 10^{23} d^2, \quad (3)$$

где ν_0 — частота наблюдений; c — скорость света; S_{int}^{CS} — интегральная плотность потока наблюдаемого источника в линии CS ($J = 2-1$), Ян км/с. Для источников со сложным профилем линии светимость не рассчитывалась.

Значения вероятности детектирования излучения в линии CS ($J = 2-1$) для различных выборок источников приведены в табл. 4, где N — количество источников в определенной выборке (в скобках указана доля от общего количества исследуемых источников), n — количество источников, в которых было зарегистрировано излучение в линии CS

Таблица 3. Параметры линий CS (В скобках приведена погрешность)

ID	V_{LSR} , км/с	$FWHM$, км/с	T_{mb} , К	S_{ms} Ян км/с	L_C/L_{CS} , 10^5	ID	V_{LSR} , км/с	$FWHM$, км/с	T_{mb} , К	S_{ms} Ян км/с	L_C/L_{CS} , 10^5
3	-18.23(0.07)	2.1(0.2)	2.9(0.9)	76.4		106	62.0(0.4)	3(1)	0.9(0.6)	25.15	4.9
	-16.12(0.07)	1.0(0.2)	2.0(0.8)	24.4		107	58.3(0.2)	6.2(0.5)	2(1)	147.8	106.0
4	-18.57(0.08)	2.1(0.3)	2.8(0.9)	71.4		108	53.9(0.8)	5(2)	0.6(0.2)	35.3	24.5
	-16.3(0.1)	1.2(0.3)	1.4(0.6)	21.2		109	59.2(0.3)	2.9(0.7)	1.1(0.7)	30.2	6.3
6	-30.8(0.1)	2.8(0.3)	2.6(0.9)	89.16	7.2	116	62.0(0.1)	9.6(0.3)	6(2)	504.6	135.0
7	-39.3(0.1)	3.5(0.3)	2.6(1.1)	80.83	3.3	117	58.5(0.9)	16(1)	4(2)	584.7	
10	-37.9(0.1)	2.6(0.2)	3.6(0.4)	326.8	44.0		61.9(0.3)	7(1)	4(2)	218.5	
11	0.0(0.2)	2.8(0.4)	2.3(1.2)	60.55	0.08	118	58.4(0.1)	10.1(0.3)	4.8(0.3)	599.1	165.0
15	-17.0(0.2)	2.4(0.4)	2.1(0.4)	61.95	3.3	119	56.2(0.2)	9.1(0.4)	7(3)	540.1	149.0
16	-16.3(0.1)	2.3(0.3)	1.9(0.3)	52.58	2.8	120	62.3(0.3)	6.1(0.7)	1.6(0.7)	95.08	26.2
18	2.7(0.2)	3.6(0.4)	1.3(0.2)	59.06	1.5	127	5.8(0.2)	1.3(0.4)	1.4(0.4)	22.56	22.9
19	-16.58(0.06)	2.5(0.1)	4.5(0.4)	140.6	3.6	128	21.6(0.1)	2.3(0.4)	3(1)	57.3	2.1
20	-19.4(0.2)	2.4(0.4)	1.1(0.6)	25.68	71.5	129	23.3(0.3)	2.0(0.7)	1.2(0.6)	21.19	12.9
21	10.47(0.02)	1.75(0.05)	13(5)	227.2	0.4	133	33.4(0.3)	2.5(0.6)	1.0(0.6)	21.65	4.1
22	10.65(0.07)	2.6(0.2)	7(3)	174.0	0.3	134	22.1(0.1)	2.8(0.3)	4(2)	88.9	
24	9.8(0.2)	5.2(0.6)	3.8(0.6)	244.1	0.6	139	5.8(0.2)	3.1(0.6)	1.3(0.1)	47.91	0.6
26	-9.5(0.1)	2.0(0.2)	2.9(0.4)	72.06	3.2	144	12.0(0.2)	5.6(0.4)	1.9(0.8)	95.45	5.4
27	8.8(0.1)	3.4(0.3)	1.6(0.2)	67.41	4.8	146	-3.3(0.2)	2.2(0.5)	1.0(0.2)	26.42	0.7
29	3.0(0.2)	3.4(0.5)	2.0(0.3)	81.82	0.4	147	2.0(0.1)	3.0(0.3)	2.5(0.3)	93.46	2.1
30	3.35(0.04)	3.5(0.1)	5.2(0.3)	222.9	7.0	148	-1.1(0.3)	4.3(0.7)	1.1(0.3)	62.34	7.8
31	-0.6(0.2)	2.9(0.6)	1.3(0.1)	44.99	1.8	149	0.1(0.2)	5.1(0.4)	4(2)	156.3	
32	7.36(0.03)	2.72(0.06)	10(4)	253.1	8.2	154	6.1(0.1)	2.3(0.3)	2.4(0.2)	68.1	1.6
33	16.3(0.1)	2.7(0.3)	2.0(0.3)	65.8	7.2	155	-3.06(0.07)	2.3(0.2)	1.3(0.1)	38.16	0.8
37	8.0(0.1)	4.4(0.2)	6.2(0.5)	335.8	1.2	156	9.4(0.1)	4.4(0.2)	2.3(0.3)	288.0	4.9
42	94.8(0.3)	6.0(0.5)	1.3(0.5)	79.21	62.1	157	-2.7(0.1)	4.0(0.3)	5(2)	167.7	3.8
43	38.2(0.2)	8.4(0.3)	0.8(0.5)	67.71	92.6	158	-3.1(0.3)	6.3(0.8)	3(2)	171.7	
52	57.0(0.2)	4.7(0.6)	2(1)	100.7	12.5		-4.4(0.1)	1.9(0.4)	3(2)	51.8	
53	59.1(0.7)	9(1)	3(2)	198.9		159	-3.5(0.1)	4.0(0.3)	6(3)	226.8	4.5
	57.32(0.09)	3.8(0.3)	7(3)	281.3		160	1.0(0.3)	4.6(0.8)	1.8(0.9)	79.07	0.1
54	57.5(0.1)	4.7(0.3)	3(1)	123.4	3.1	164	-46.7(0.2)	1.1(0.5)	2(1)	21.32	9.2
55	57.6(0.2)	4.2(0.5)	3(1)	101.3	2.5	166	-44.0(0.2)	2.3(0.4)	1.1(0.6)	21.8	3.5
56	57.8(0.1)	4.9(0.3)	5(2)	217.1	9.8	168	0.6(0.1)	2.7(0.3)	3.0(0.2)	98.85	0.6
61	58.1(0.2)	2.7(0.5)	2(1)	57.1		169	-63.8(0.1)	3.2(0.3)	2(1)	66.3	44.2
63	53.1(0.1)	2.5(0.3)	4(2)	85.88	4.7	171	-7.11(0.03)	2.94(0.07)	11(4)	289.7	1.7
64	43.8(0.2)	3.7(0.4)	4(2)	139.7	5.0	172	-9.6(0.2)	2.7(0.6)	1.6(0.7)	38.1	0.2
65	44.2(0.2)	4.1(0.5)	1.7(0.3)	86.12	3.1	173	-51.6(0.1)	3.5(0.3)	2.0(0.2)	87.06	5.4
70	50.9(0.3)	3.1(0.5)	0.7(0.5)	57.46	6.1	174	-11.49(0.09)	3.6(0.2)	3.5(0.3)	156.7	0.8
72	62.8(0.3)	2.9(0.7)	1.4(0.9)	39.91	1.6	176	-50.83(0.07)	3.5(0.2)	4(2)	126.7	36.2
73	33.74(0.07)	5.1(0.1)	9(4)	434.2	23.4	177	-11.7(0.1)	1.2(0.3)	1.8(0.4)	26.4	0.4
75	33.3(0.2)	4.2(0.4)	2(1)	91.35	4.5	178	-51.94(0.08)	2.7(0.2)	2.3(0.2)	76.82	9.7
79	83.0(0.3)	3.0(0.7)	1.3(0.7)	37.9		179	-53.4(0.1)	2.4(0.3)	4(2)	84.7	
	87.6(0.5)	4(1)	1.1(0.6)	41.2			-51.36(0.09)	0.7(0.2)	3(1)	16.9	
80	46.0(0.4)	4(1)	0.9(0.2)	49.47	4.7	180	-57.15(0.06)	4.0(0.1)	6.1(0.4)	302.8	21.6
89	39.0(0.3)	3.2(0.7)	2(1)	57.44	8.0	181	-53.3(0.2)	1.9(0.4)	1.4(0.3)	32.0	
98	3.3(0.4)	3.8(0.8)	2(1)	77.6			-56.84(0.09)	4.3(0.2)	4.6(0.3)	244.6	
	8.1(0.5)	4(1)	1.9(0.9)	77.0		182	-44.2(0.3)	3.7(0.7)	0.9(0.2)	42.94	4.9
99	4.5(0.6)	7(1)	1.9(0.3)	165.3		183	-54.3(0.2)	2.1(0.5)	1.1(0.3)	27.45	3.1
	13.0(0.5)	8(1)	2.4(0.3)	225.2							

Таблица 4. Вероятность детектирования излучения в линии CS ($J = 2 - 1$)

Выборка	N	n	(n/N) 100%
Все источники	164 (100 %)	85	52 %
Класс I	90 (55 %)	62	69 %
Класс II	121 (74 %)	61	50 %
Только класс I	43 (26 %)	24	56 %
Класс I и класс II	47 (29 %)	38	81 %
Только класс II	74 (45 %)	23	31 %
5_1 $6_0 A$ (6.7 ГГц)	117 (71 %)	58	50 %
2_0 $3_1 E$ (12.2 ГГц)	29 (18 %)	21	72 %
7_0 6_4 (44 ГГц)	57 (35 %)	39	68 %
8_0 $7_4 A$ (95 ГГц)	70 (43 %)	53	76 %

($J = 2-1$), n/N — уровень обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) для соответствующих выборок источников.

Из табл. 4 видно, что уровень обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) в направлении метанольных мазеров класса I выше почти на 20 %, чем в направлении мазеров класса II. Наиболее высокий уровень обнаружения излучения в исследуемой линии (81 %) наблюдается в источниках, с которыми ассоциируются мазеры обоих классов. В направлении источников, с которыми ассоциируются метанольные мазеры только класса II, уровень обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) наиболее низкий (31 %). Для выборок источников по мазерным переходам уровень обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) близок к 70 %, за исключением выборки « $5_1 \ 6_0 A$ (6.7 ГГц)», для которой он на 20 % ниже.

Распределение источников по значениям $FWHM$ линии CS ($J = 2-1$) для разных выборок источников показано на рис. 1, а в табл. 5 приведены статистические параметры для каждой выборки: количество N источников, среднее значение величины $FWHM$, ее медиана и стандартное отклонение СКО. Для выборок «Все источники», «Класс II», «Только класс I», « $5_1 \ 6_0 A$ (6.7 ГГц)» и « $8_0 \ 7_1 A$ (95 ГГц)» максимум этого распределения лежит в пределах 2...3 км/с. Для выборок «Класс I», «Класс I и класс II», « $7_0 \ 6_1 A$ (44 ГГц)» в распределении полуширины линии CS ($J = 2-1$) наблюдается два пика: 2...3 и 4...5 км/с. В наших наблюдениях выделяется группа из четырех 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 (номера 116, 118 и 119) относятся к области звездообразования W51 и имеют признаки наличия крыльев или нескольких компонентов в спектре, не разрешающихся в наших наблюдениях.

Сравнение параметров линии CS ($J = 2-1$) и метанольных мазеров. На рис. 2 показано распределение смещения центров линий метанольных мазеров и линий CS ($J = 2-1$) для четырех выборок « $5_1 \ 6_0 A$ (6.7 ГГц)», « $7_0 \ 6_1 A$ (44 ГГц)» и « $8_0 \ 7_1 A$ (95 ГГц)», а в табл. 6 для каждой выборки источников приведены: количество N источников в распределении, среднее значение смещения, медиана и стандартное отклонение. Для построения данных распределений использовались все метанольные мазеры на определенном переходе, которые ассоциируются с источником.

Из рис. 2 видно, что излучение метанольных мазеров класса I на переходах $7_0 \ 6_1 A$ (44 ГГц) и $8_0 \ 7_1 A$ (95 ГГц) и излучение линии CS ($J = 2-1$) в большинстве случаев, скорее всего, происходят из одной и той же области, чего нельзя с уверенностью сказать об излучении мазеров класса II на переходе $5_1 \ 6_0 A$ (6.7 ГГц). Для метанольных мазеров на переходах $5_1 \ 6_0 A$ (6.7 ГГц) и $2_0 \ 3_1 E$ (12.2 ГГц) в распределении смещений центров линий обнаруживается синяя асиммет-

рия, большее количество мазеров имеют отрицательную скорость относительно ядра звездообразования. Для мазеров на других переходах такой асимметрии нет.

Светимости. На рис. 3 показано распределение количества N исследуемых источников по значениям болометрических светимостей

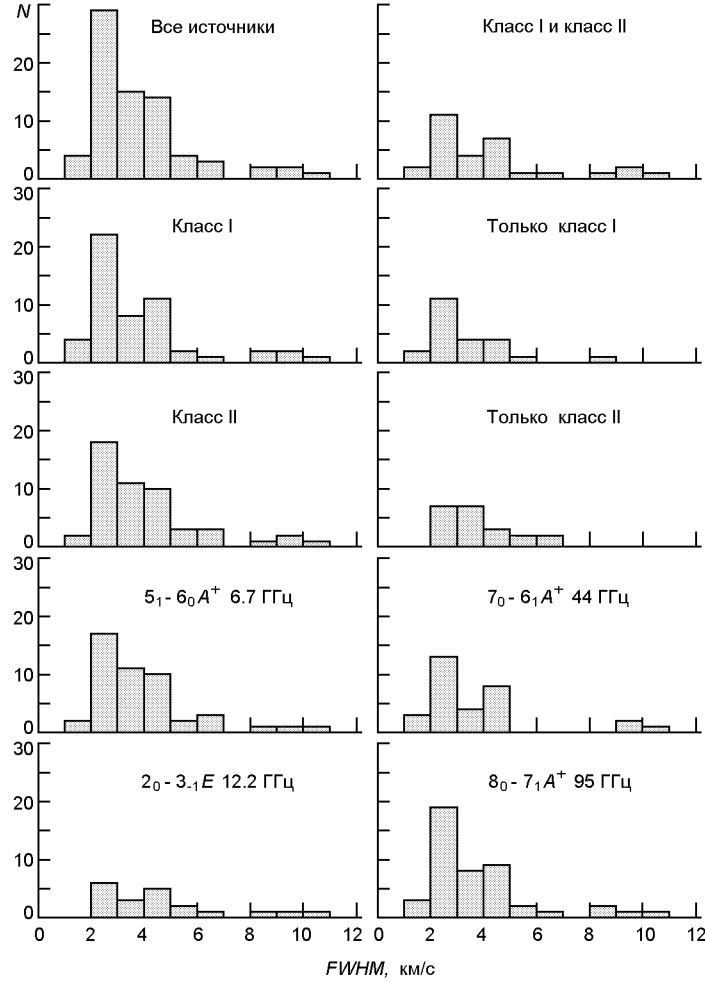


Рис. 1. Распределение количества объектов в каждой выборке по значениям наблюдаемой $FWHM$ линии $CS (J=2-1)$

Таблица 5. Статистические характеристики распределения $FWHM$ линии $CS(J=2-1)$

Выборка	N	Среднее	Медиана	СКО
Все источники	74	3.71 ± 0.21	3.2	1.83
Класс I	53	3.74 ± 0.28	3.0	2.02
Класс II	51	3.92 ± 0.27	3.5	1.94
Только класс I	23	3.27 ± 0.32	2.8	1.48
Класс I и класс II	30	4.10 ± 0.42	3.5	2.29
Только класс II	21	3.66 ± 0.28	3.4	1.23
$5_1 - 6_0 A (6.7 \text{ ГГц})$	48	3.81 ± 0.26	3.45	1.79
$2_0 - 3_1 E (12.2 \text{ ГГц})$	20	4.61 ± 0.51	4.05	2.24
$7_0 - 6_1 A (44 \text{ ГГц})$	31	3.61 ± 0.40	2.94	2.17
$8_0 - 7_1 A (95 \text{ ГГц})$	46	3.72 ± 0.29	3.05	1.93

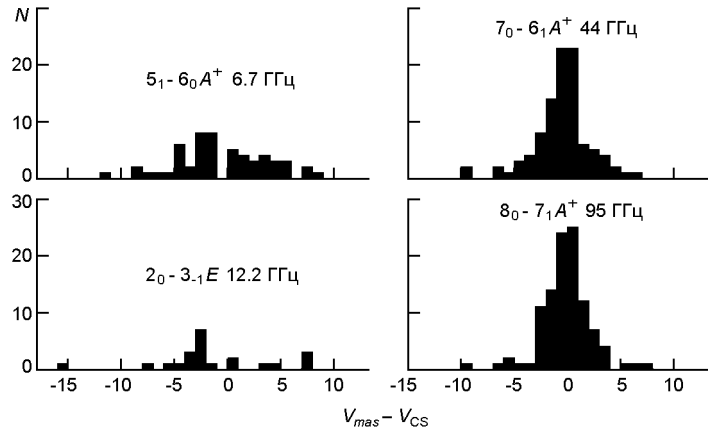


Рис. 2. Распределение смещения центров линий метанольных мазеров и центров линий CS ($J = 2-1$)

Таблица 6. Статистические характеристики распределения смещения центров линий метанольных мазеров и центров линий CS ($J = 2 - 1$)

Выборка	N	Среднее	Медиана	СКО
5_1 $6_0 A$ (6.7 ГГц)	55	-0.59 ± 0.59	-1.45	4.31
2_0 $3_1 E$ (12.2 ГГц)	23	0.13 ± 1.87	-2.4	8.78
7_0 $6_1 A$ (44 ГГц)	99	-0.49 ± 0.26	-0.2	2.62
8_0 $7_1 A$ (95 ГГц)	106	-0.10 ± 0.23	-0.08	2.37

$\lg L_{bol}$ ИК-источников отдельно для объектов, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2-1$), и для объектов, в направлении которых такое излучение не зарегистрировано, а в табл. 7 приведены соответствующие для каждой выборки статистические характеристики распределений: количество источников N , среднее значение $\lg L_{bol}$, медиана и стандартное отклонение СКО.

Из рис. 3 и табл. 7 следует, что в выборках источников «Класс II», «Только класс II» и « 5_1 $6_0 A$ (6.7 ГГц)» в среднем излучение линии CS ($J = 2-1$) регистрируется с большей вероятностью в источниках, которые ассоциируются с более интенсивными ИК-источниками. В выборках источников «Только класс I» и « 7_0 $6_1 A$ (44 ГГц)», наоборот, излучение линии CS ($J = 2-1$) регистрируется с большей вероятностью в тех источниках, которые ассоциируются с ИК-источниками с меньшей болометрической светимостью. В выборках источников «Класс I» и « 8_0 $7_1 A$ (95 ГГц)» подобных отличий не проявляется, а выборки «Класс I и класс II» и « 2_0 $3_1 E$ (12.2 ГГц)» имеют недостаточное для получения точных результатов количество данных для источников, в которых не зарегистрировали излучение в линии CS ($J = 2-1$).

Используя рассчитанные светимости $\lg L_{CS}$ в линии CS ($J = 2-1$), можно построить распределения количества источников по значениям этих светимостей, как показано на рис. 4. Количество N источников

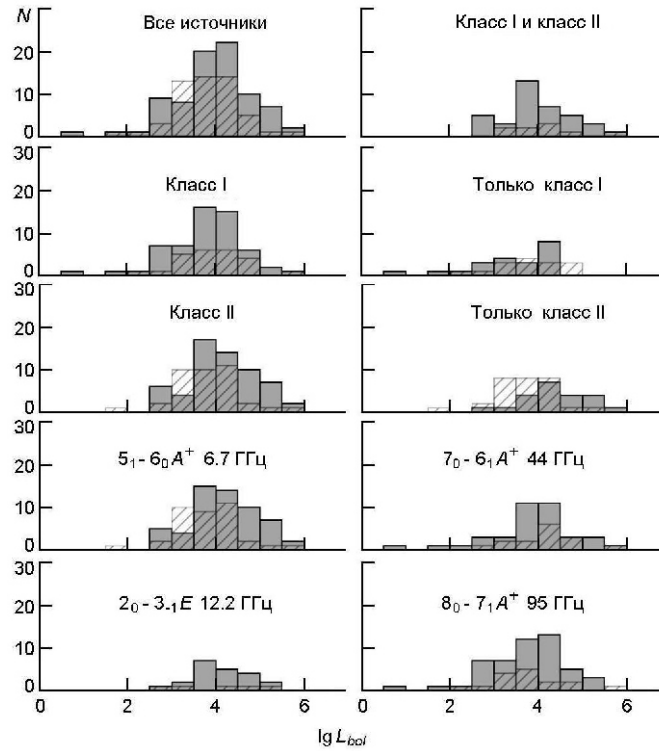


Рис. 3. Распределение количества N ИК-источников по значениям болометрической светимости $\lg L_{bol}$: темно-серые столбики — источники, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2-1$), заштрихованные — не зарегистрировано

Таблица 7. Статистические характеристики распределения ИК-источников по значениям болометрических светимостей $\lg L_{bol}$

Выборка	Зарегистрировано CS ($J = 2 - 1$)				Не зарегистрировано CS ($J = 2 - 1$)			
	N	Среднее	Медиана	СКО	N	Среднее	Медиана	СКО
Все источники	81	3.97 ± 0.10	4.0	0.87	53	3.82 ± 0.10	3.68	0.73
Класс I	57	3.79 ± 0.12	3.87	0.87	24	3.95 ± 0.16	3.90	0.75
Класс II	60	4.17 ± 0.10	4.14	0.77	38	3.91 ± 0.12	3.67	0.72
Только класс I	21	3.41 ± 0.20	3.81	0.90	15	3.85 ± 0.20	3.78	0.76
Класс I и класс II	37	4.00 ± 0.13	3.96	0.79	9	4.11 ± 0.25	4.20	0.70
Только класс II	22	4.44 ± 0.14	4.44	0.65	29	3.72 ± 0.13	3.66	0.70
$5_1 - 6_0 A^+$ (6.7 ГГц)	57	4.21 ± 0.10	4.28	0.76	37	3.81 ± 0.12	3.67	0.73
$2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц)	21	4.15 ± 0.14	4.00	0.64	5	4.07 ± 0.50	4.20	1.01
$7_0 - 6_1 A^+$ (44 ГГц)	38	3.87 ± 0.16	3.95	0.95	15	4.19 ± 0.18	4.20	0.68
$8_0 - 7_1 A^+$ (95 ГГц)	50	3.74 ± 0.13	3.82	0.89	16	3.81 ± 0.21	3.65	0.83

в каждом распределении, среднее значение светимостей, медиана и стандартное отклонение СКО указаны в табл. 8.

Для всех источников значения лежат в диапазоне $-6.5 < \lg L_{CS} < -2.5$. Во всех выборках максимум распределения лежит в диапазоне $-4.5 < \lg L_{CS} < -4.0$. Хорошо видно, что для выборок источников «Класс II», «Только класс II» и « $5_1 - 6_0 A^+$ (6.7 ГГц)» выделяется узкий максимум распределения в диапазоне $-4.5 < \lg L_{CS} < -4.0$, в который попадают около 44 % источников (в зависимости от выборки). То есть, четко

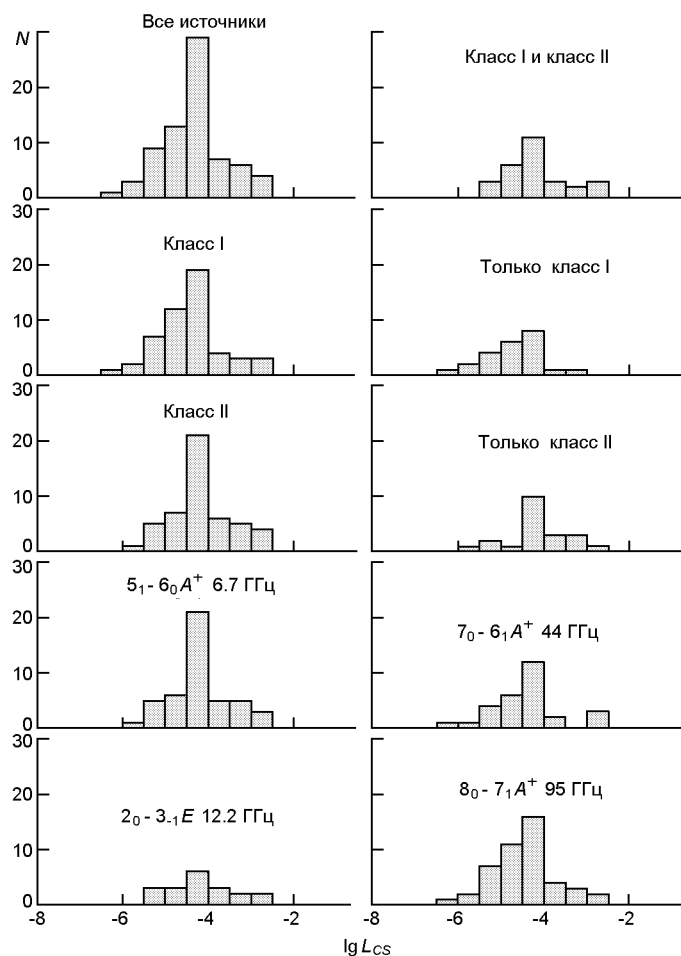

 Рис. 4. Распределение источников в линии CS ($J=2-1$) по значениям их светимостей

Таблица 8. Статистические характеристики распределения источников в линии CS ($J=2-1$) по их светимостям $\lg L_{CS}$

Выборка	N	Среднее	Медиана	СКО
Все источники	72	-4.34 ± 0.09	-4.33	0.73
Класс I	51	-4.44 ± 0.10	-4.44	0.74
Класс II	49	-4.15 ± 0.10	-4.30	0.69
Только класс I	23	-4.72 ± 0.14	-4.68	0.66
Класс I и класс II	28	-4.16 ± 0.14	-4.31	0.71
Только класс II	21	-4.15 ± 0.15	-4.27	0.66
$5_1 - 6_0 A^+$ (6.7 ГГц)	46	-4.18 ± 0.10	-4.31	0.67
$2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц)	19	-4.07 ± 0.18	-4.15	0.75
$7_0 - 6_1 A^+$ (44 ГГц)	29	-4.45 ± 0.15	-4.48	0.78
$8_0 - 7_1 A^+$ (95 ГГц)	46	-4.46 ± 0.11	-4.48	0.74

выделяются источники с близкими светимостями в линии CS в направлении на метанольные мазеры класса II.

На рис. 5 приведены распределения по значениям светимости $\lg L_{mas}$ метанольных мазеров, которые ассоциируются с исследуемыми источниками, отдельно для тех, в направлении которых мы зарегис-

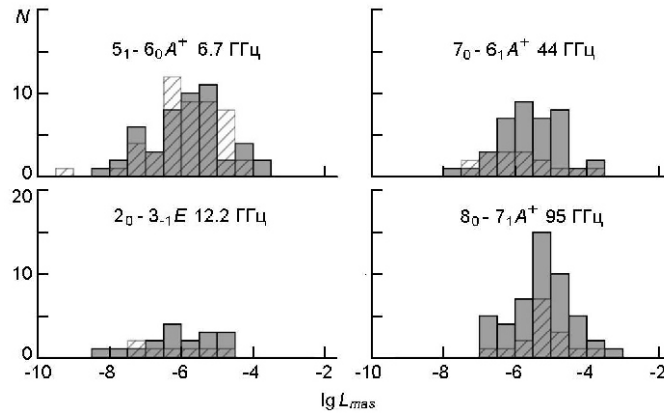


Рис. 5. Распределение метанольных мазеров по их светимостям $\lg L_{mas}$: серый цвет — для источников, в направлении которых зарегистрировано излучение CS ($J = 2-1$), штриховка — не зарегистрировано

Таблица 9. Статистические характеристики распределения светимостей $\lg L_{mas}$ метанольных мазеров

Выборка	Зарегистрировано CS ($J = 2-1$)				Не зарегистрировано CS ($J = 2-1$)			
	N	Среднее	Медиана	СКО	N	Среднее	Медиана	СКО
$5_1, 6_0 A$ (6.7 ГГц)	49	-5.09 ± 0.15	-5.90	1.05	49	-5.85 ± 0.14	-5.85	0.94
$2_0, 3_1 E$ (12.2 ГГц)	17	-6.02 ± 0.23	-6.07	0.93	7	-6.20 ± 0.36	-6.29	0.89
$7_0, 6_1 A$ (44 ГГц)	39	-5.57 ± 0.14	-5.74	0.85	16	-5.88 ± 0.25	-6.02	0.95
$8_0, 7_1 A$ (95 ГГц)	49	-5.24 ± 0.12	-5.24	0.82	16	-5.20 ± 0.18	-5.28	0.71

трировали излучение в линии CS ($J = 2-1$), и для тех, в направлении которых мы не регистрировали его. Если с источником ассоциируется несколько метанольных мазеров, то их светимости суммировались. Таким образом, исследовалось все излучение от метанольных мазеров для каждого источника. Статистические параметры распределений на рис. 5 приведены в табл. 9.

В среднем светимость мазеров на переходе $7_0, 6_1 A$ выше в направлении тех источников, в которых излучение в линии CS ($J=2-1$) зарегистрировано, чем для тех, в которых оно не было зарегистрировано. Для мазеров на переходах $5_1, 6_0 A$, $2_0, 3_1 E$ и $8_0, 7_1 A$ заметных отличий нет.

На рис. 6 приведены коррелятивные зависимости светимости L_{CS} исследуемых источников в линии CS ($J = 2-1$) от болометрических светимостей L_{bol} ИК-источников. Линейная аппроксимация обнаруживает наличие зависимости $\lg L_{CS} = a \lg L_{bol} + b$. Коэффициенты a и b , а также коэффициент корреляции R для каждой выборки источников приведены в табл. 10. Данная зависимость показывает, что для каждой исследуемой выборки светимость источника в линии CS ($J = 2-1$) увеличивается с увеличением светимости ИК-источника, с которым ассоциируется наблюдаемый объект, причем наибольшее увеличение светимости наблюдается для выборки «Только класс II». Наибольший ко-

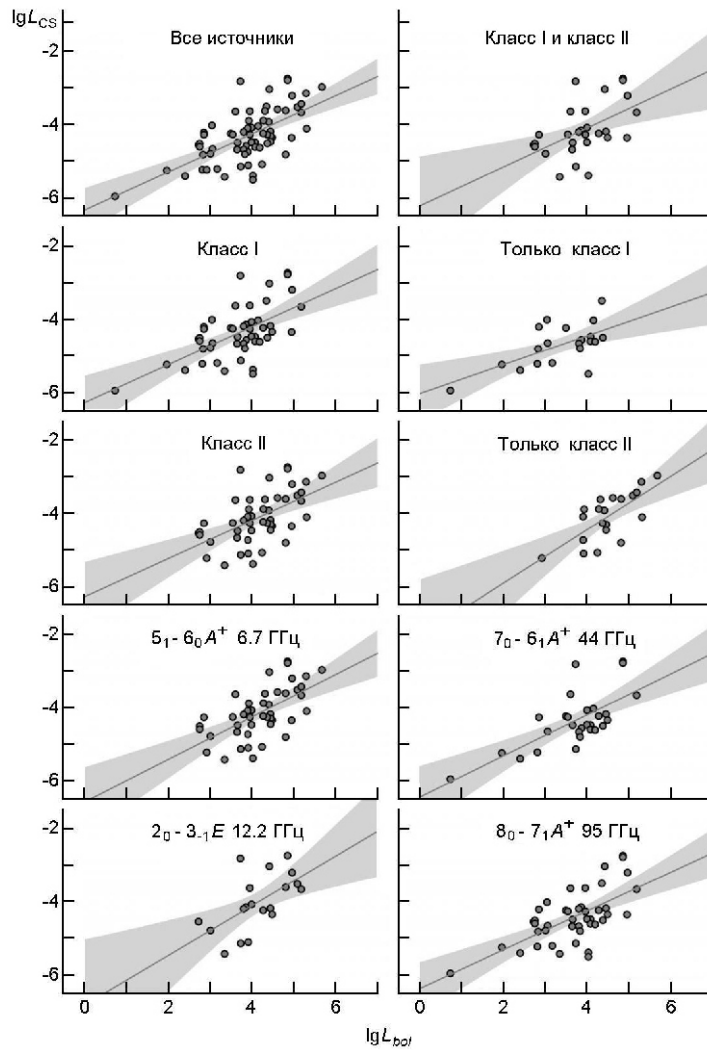


Рис. 6. Коррелятивная зависимость светимости L_{CS} источников в линии CS ($J = 2-1$) от болометрической светимости L_{bol} ассоциирующихся с ними ИК-источников. Сплошным серым цветом показан доверительный интервал аппроксимации по уровню 97.5 %

Таблица 10. Параметры линейной зависимости $\lg L_{CS} = a \lg L_{bol} + b$ светимостей источников в линии CS ($J = 2 - 1$) от болометрических светимостей ИК-источников

Выборка	a	b	R
Все источники	0.52 ± 0.08	-6.34 ± 0.31	0.64
Класс I	0.52 ± 0.10	-6.30 ± 0.38	0.60
Класс II	0.52 ± 0.12	-6.29 ± 0.49	0.55
Только класс I	0.40 ± 0.12	-6.05 ± 0.40	0.63
Класс I и класс II	0.53 ± 0.17	-6.23 ± 0.69	0.52
Только класс II	0.73 ± 0.17	-7.38 ± 0.78	0.71
$5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц)	0.58 ± 0.11	-6.59 ± 0.48	0.62
$2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц)	0.68 ± 0.22	-6.83 ± 0.93	0.60
$7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц)	0.56 ± 0.11	-6.45 ± 0.44	0.69
$8_0 - 7_1 A$ (95 ГГц)	0.53 ± 0.10	-6.38 ± 0.37	0.64

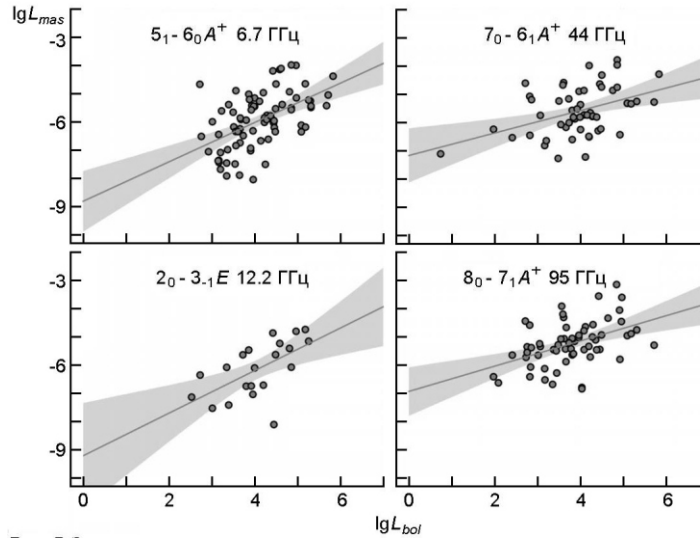


Рис. 7. Зависимость светимости метанольных мазеров от болометрической светимости ИК-источников. Серым цветом показан доверительный интервал аппроксимации по уровню 97.5 %

Таблица 11. Параметры линейной зависимости светимости L_{mas} метанольных мазеров от болометрической светимости L_{bol} ИК-источников

Выборка	$\lg L_{mas} = a \lg L_{bol} + b$		
	a	b	R
$5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц)	0.69 ± 0.13	-8.79 ± 0.54	0.52
$2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц)	0.75 ± 0.23	-9.20 ± 0.96	0.60
$7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц)	0.40 ± 0.12	-7.17 ± 0.49	0.42
$8_0 - 7_1 A$ (95 ГГц)	0.45 ± 0.11	-6.92 ± 0.44	0.46

эффицент корреляции между светимостью в линии CS ($J=2-1$) и болометрической светимостью ИК-источников наблюдается в выборках «Только класс II» и « $7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц)» а наименьший — в выборках «Класс II» и «Класс I и класс II».

На рис. 7 нанесены светимости метанольных мазеров по отношению к болометрическим светимостям ИК-источников для различных выборок источников. Линейная аппроксимация показывает наличие зависимости $\lg L_{mas} = a \lg L_{bol} + b$. Значения параметров a и b , а также коэффициента корреляции R приведены в табл. 11. Данная зависимость показывает, что с увеличением светимости ИК-источника светимость метанольных мазеров увеличивается, причем сильнее всего увеличивается светимость метанольных мазеров класса II на переходах $5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц) и $2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц). Коэффициент корреляции между светимостью метанольных мазеров и болометрической светимостью ИК-источников довольно невысокий за исключением мазеров на переходе $2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц), где он равняется 0.6.

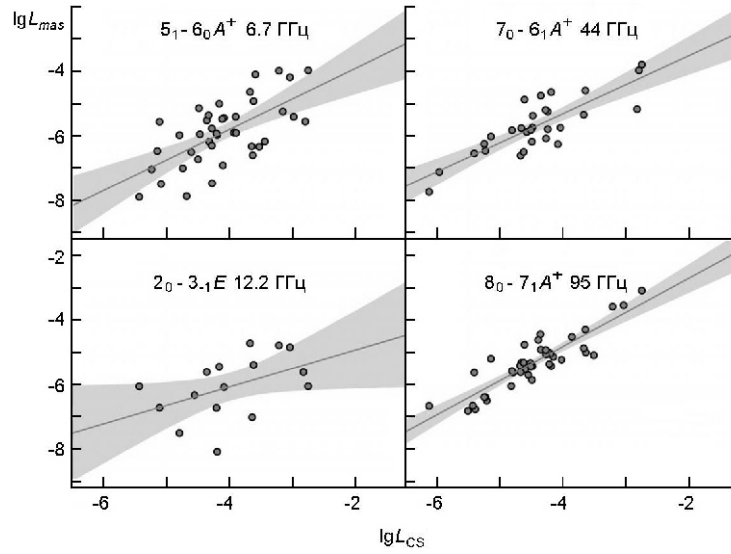


Рис. 8. Зависимость светимости L_{mas} метанольных мазеров от светимости L_{CS} источников в линии CS ($J = 2-1$). Сплошным серым цветом показан доверительный интервал аппроксимации по уровню 97.5 %

Таблица 12. Параметры линейной зависимости светимости L_{mas} метанольных мазеров от светимости L_{CS} источников в линии CS ($J = 2 - 1$)

Выборка	$\lg L_{mas} = a \lg L_{CS} + b$		
	a	b	R
$5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц)	0.95 ± 0.18	-2.02 ± 0.75	0.65
$2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц)	0.57 ± 0.29	-3.80 ± 1.18	0.47
$7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц)	0.90 ± 0.12	-1.72 ± 0.53	0.82
$8_0 - 7_1 A$ (95 ГГц)	1.06 ± 0.09	-0.60 ± 0.40	0.88

На рис. 8 показана зависимость светимости L_{mas} метанольных мазеров от светимости L_{CS} источников в линии CS ($J = 2-1$) для различных выборок источников. Линейная аппроксимация показывает наличие зависимости $\lg L_{mas} = a \lg L_{CS} + b$. Значения параметров a и b , а также коэффициента корреляции R приведены в табл. 12. Данная зависимость показывает, что с увеличением светимости источника в линии CS ($J = 2-1$) светимость метанольных мазеров увеличивается. Зависимости имеют почти одинаковый наклон, за исключением выборки « $2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц)», что может быть связано с небольшим количеством источников в этой выборке. Высокий коэффициент корреляции между светимостью метанольных мазеров и светимостью в линии CS ($J = 2-1$) наблюдается для мазеров на переходах $7_0 - 6_1 A$ и $8_0 - 7_1 A$. Для мазеров на переходе $5_1 - 6_0 A$ данный коэффициент корреляции несколько ниже, а для мазеров на переходе $2_0 - 3_1 E$ корреляция между светимостью метанольных мазеров и светимостью в линии CS ($J = 2-1$) наиболее низкая, что может быть связано с небольшим количеством данных.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящей работе для всех источников уровень обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) составляет 0.52. Это хорошо согласуется с уровнем обнаружения теплового излучения в линии CS ($J = 2-1$), 0.59, в направлении точечных источников IRAS [19]. В некоторых исследованиях был получен более высокий уровень регистрации излучения в линии CS в направлении метанольных мазеров класса I и в направлении мазеров класса II. В работе [63] он составил 1.0 и 0.96 соответственно, но выборка источников была почти в три раза меньше, чем в нашей работе. В работе [101] линия CS наблюдалась во всех выбранных объектах в направлении метанольных мазеров на переходе $5_1 - 6_0 A$. Среднее квадратичное отклонение шума при этом было в среднем в пять раз ниже, чем в наших наблюдениях (0.1 K в работе [101] и 0.5 K в нашей работе), но и число объектов наблюдения было в несколько раз меньше (26 объектов). В работе [54] излучение в линии CS ($J = 1-0$) также зарегистрировано в направлении всех мазеров на переходе $7_0 - 6_1 A$, но авторы исследовали всего лишь 21 источник.

Наши оценки наблюдаемой полуширины линии CS ($J = 2-1$) лежат между 2 и 5 км/с, что хорошо согласуется с наблюдениями в направлении мазеров в линии CS ($J = 2-1$) в направлении мазеров H₂O [6] и в направлении точечных источников IRAS [19].

В исследованиях [63] среднее значение *FWHM* линии CS ($J = 2-1$) для источников, с которыми ассоциируются метанольные мазеры класса II, равняется 4.80 ± 0.34 км/с, а для источников, с которыми ассоциируются метанольные мазеры класса I, — 6.21 ± 0.55 км/с. В нашей же работе среднее значение *FWHM* линии CS ($J = 2-1$) равняется 3.96 ± 0.29 км/с и 3.74 ± 0.28 км/с соответственно. Это расхождение можно объяснить тем, что в работе [63] результаты получены на основе выборки из 32 источников, и 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.

В работе [62] в распределении *FWHM* линии CS ($J = 2-1$) в направлении метанольных мазеров класса I также показано наличие двух пиков, но их положение отличается от показанных выше на рис. 1. В настоящей работе первый, более высокий, пик (см. рис. 1) наблюдается в пределах от 2 до 3 км/с, а второй, более низкий, — от 4 до 5 км/с. А в работе [62] показано, что первый и более низкий пик распределения находится в пределах от 3.5 до 4.5 км/с, (т. е. вблизи второго пика в наших исследованиях), а второй и более высокий — от 5.5 до 6.5 км/с. Данные различия результатов, возможно, связаны с различными критериями отбора источников для исследований. В работе [62] использовались результаты наблюдений излучения в линии CS ($J = 2-1$), полученные в основном в направлении на точечные источники IRAS, мазеры H₂O и биполярные потоки, но не в направлении на метанольные мазеры, как в настоящей работе.

На рис. 2 для выборки « $5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц)» в распределении разности центров линий метанольных мазеров и центров линий CS ($J = 2-1$) хорошо заметен провал вблизи $V_{mas} - V_{CS} = 0$. Эту особенность можно также увидеть в работах [22, 57], но в них для определения систематических скоростей использовались другие молекулы. В работе [59] было указано на наличие красной асимметрии в распределении разности лучевых скоростей метанольных мазеров на переходе $5_1 - 6_0 A$ и линии CS ($J = 2-1$) в направлении рукава Персея. В настоящей работе излучение метанольных мазеров на переходе $5_1 - 6_0 A$ имеет синее смещение в сравнении с излучением линии CS ($J = 2-1$). Но большинство источников в наших исследованиях относятся к другим областям Галактики, и лишь 37 источников относятся к рукаву Персея. Среди них 10 источников удовлетворяют условию $V_{mas} - V_{CS} > 0$ (красносмещенные метанольные мазеры на переходе $5_1 - 6_0 A$) и пять источников — $V_{mas} - V_{CS} < 0$ (синесмещенные метанольные мазеры на переходе $5_1 - 6_0 A$). В направлении остальных источников мы или не зарегистрировали излучение в линии CS ($J = 2-1$), или нет информации о метанольных мазерах на переходе $5_1 - 6_0 A$ для этих источников. Соотношение количества красносмещенных мазеров к синесмещенным равняется 2.0, что лишь немного выше, чем показано на рис. 1 в работе [59]. Таким образом, настоящая работа подтверждает наличие большего количества мазеров на переходе $5_1 - 6_0 A$ в рукаве Персея, которые имеют положительное отклонение скоростей мазеров от системных скоростей молекулярного ядра.

Распределение разности центров линий метанольных мазеров на переходе $7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц) и линий CS ($J = 2-1$), показанное в настоящей работе на рис. 2, соответствует полученному ранее в работах [38, 42, 57, 90], но большая часть источников в наших результатах ранее в указанных работах не исследовалась. Также в работах [38, 42, 57] систематические скорости определялись по наблюдениям молекулы NH_3 .

Наши исследования не показывают какой-либо явной асимметрии в распределении разности центров линий метанольных мазеров на переходе $8_0 - 7_1 A$ (95 ГГц) и центров линий CS ($J = 2-1$). Подобный результат получен в работе [57], но для другой выборки источников и с использованием молекулы NH_3 для определения систематической скорости ядра звездообразования. В работе [124] наблюдалась молекула $НСО^+$ для определения систематической скорости ядра; было показано, что в распределении разности центров линий метанольных мазеров на переходе $8_0 - 7_1 A$ (95 ГГц) и систематической скорости наблюдается красная асимметрия (около 60 % мазеров имеют положительную скорость относительно ядра).

В предыдущей работе [3] мы обнаружили, что около 44 % источников, в которых наблюдаются метанольные мазеры класса II, имеют светимость в линии CS ($J = 2-1$) в узком диапазоне $-4.5 < \lg L_{CS} < -4.0$. Расширенное исследование на большем количестве выборок в настоящей работе подтверждает, что данная особенность излучения в линии

CS ($J = 2-1$) характерна только для источников, в которых есть метанольные мазеры класса II.

В работе [123] было указано на наличие зависимости между светимостью метанольных мазеров на переходе $6_0 - 6_1 A$ (6.7 ГГц) и светимостью ИК-источников с коэффициентом корреляции 0.34. Авторы более поздней работы [104] 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.

В работе [42] авторы предприняли попытку найти зависимости между светимостью метанольных мазеров на переходе $7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц) и светимостью ИК-источников, но, как отмечают авторы, возможные ошибки в определении расстояний вносят неопределенность в значение светимостей. Отмечалось лишь наличие тренда, когда мазерам с меньшей светимостью соответствуют ИК-источники с меньшей светимостью. Наши результаты в настоящей работе получены для уточненных расстояний. Мы констатируем наличие зависимости, когда с увеличением светимости ИК-источника светимость мазера увеличивается. Но все равно корреляция между светимостями мазеров и ИК-источников невысокая ($R = 0.42$).

В работе [40] была получена зависимость светимости метанольных мазеров на переходе $8_0 - 7_1 A$ (95 ГГц) от болометрической светимости ИК-источников. Их результат немного отличается от полученного в настоящей работе. Во первых, в работе [40] указывалось на более сильную корреляцию между светимостями, чем в настоящей работе (0.66 против 0.46). Также светимость метанольных мазеров в нашей работе в среднем немного выше, чем в работе [40], что может быть связано с использованием уточненных расстояний в нашем исследовании и немного другой выборкой источников (лишь около 50 % источников, исследованных в настоящей работе, исследованы в работе [40]).

ВЫВОДЫ

По данным наблюдений на радиотелескопе РТ-22 в 2007—2013 гг. составлен наиболее полный на настоящее время каталог параметров излучения в линии CS ($J = 2-1$) в направлении на области проявления метанольных мазеров на различных переходах для 164 источников северной небесной полусферы. Линия CS ($J = 2-1$) обнаружена в 85 источниках. С учетом появившихся в литературе данных интерференционных измерений о расстояниях до ряда источников, были пересчитаны болометрические светимости ИК-источников, с которыми ассоциируются исследуемые объекты.

Вероятность детектирования линии CS ($J = 2-1$) в источниках с метанольными мазерами класса I на 20 % выше, чем в источниках с мазерами класса II. Самая высокая вероятность (81 %) обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) наблюдается в источниках, в которых есть метанольные мазеры обоих классов. В источниках, где есть метанольные мазеры только класса II, вероятность обнаружения излучения в линии CS ($J = 2-1$) наиболее низкая и составляет 31 %.

Показано, что излучение метанольных мазеров класса I на переходах $7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц) и $8_0 - 7_1 A$ (95 ГГц) и излучение линии CS ($J = 2-1$), скорее всего, происходит из одной и той же области, что не подтверждается для излучения мазеров на переходах $5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц) и $2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц). С учетом этого и уровней обнаружения мы предполагаем, что свойства областей проявления метанольных мазеров класса I и областей, излучающих в линии CS ($J = 2-1$), должны быть похожими.

Для метанольных мазеров на переходах $5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц) и $2_0 - 3_1 E$ (12.2 ГГц) в распределении смещений центров линий присутствует синяя асимметрия, большее количество мазеров имеют отрицательную скорость относительно ядра звездообразования. Для мазеров на других переходах асимметрия в распределении смещений центров линий отсутствует. Но асимметрия в данном распределении, скорее всего, может меняться в зависимости от положения источников в диске Галактики.

Подтверждено, что около 44 % источников, в которых есть метанольные мазеры класса II, излучают в линии CS ($J = 2-1$) в узком диапазоне $-4.5 < \lg L_{CS} < -4.0$.

Светимость мазеров на переходе $7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц) выше в направлении тех источников, в которых зарегистрировано излучение в линии CS ($J = 2-1$), чем для тех, в которых оно не зарегистрировано.

В выборках источников «Класс II», «Только класс II» и « $5_1 - 6_0 A$ (6.7 ГГц)» излучение в линии CS ($J = 2-1$) чаще регистрируется в источниках, которые ассоциируются с более интенсивными ИК-источниками. В выборках «Только класс I» и « $7_0 - 6_1 A$ (44 ГГц)» наоборот излучение линии CS ($J = 2-1$) регистрируется с большей вероятностью в источниках, которые ассоциируются с менее интенсивными ИК-источниками.

Для различных выборок источников, отобранных на основании классов метанольных мазеров и их переходов, найдены линейные зависимости между светимостями, которые описываются формулами $\lg L_{CS} = a \lg L_{bol} + b$, $\lg L_{mas} = a \lg L_{bol} + b$ и $\lg L_{mas} = a \lg L_{CS} + b$. Определены значения параметров a и b для каждой выборки источников. Более сильная корреляция наблюдается между светимостью метанольных мазеров и светимостью в линии CS ($J = 2-1$), чем между светимостью метанольных мазеров и светимостью ИК-источников. Светимость метанольных мазеров класса I сильнее коррелирует со светимостью в линии CS ($J = 2-1$), чем светимость метанольных мазеров класса II. Кор-

реляция между светимостью источников в линии CS ($J = 2-1$) и болометрической светимостью ИК-источников незначительна.

1. 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. 15, № 4. С. 369—375.
2. Антюфеев А. В., Шульга В. М. Спектроанализатор на базе персонального компьютера. *Радиотехника*. 2005. 10. С. 145—148.
3. Патока А. Н., Шульга В. М., Антюфеев А. В., Зубрин С. Ю., Мишенко В. В., Королев А. М., Подъячий В. И. Области существования метанольных мазеров класса II. Статистические особенности излучения в линии CS ($J = 2-1$). *Радиофизика и радиоастрономия*. 2017. 22, № 3. С. 173—200. DOI: 10.15407/rpra22.03.173
4. Шульга В. М., Антюфеев А. В., Зубрин С. Ю., Мишенко В. В., Подъячий В. И., Королев А. М., Патока А. Н. Наблюдение нетипичных мазеров на радиотелескопе РТ-22 в 2004—2013 годах. *Радиофизика и радиоастрономия*. 2017. 22, № 2. С. 112—122. DOI: 10.15407/rpra22.02.112
5. Anderson L. D., Bania T. M., Balser D. S., Cunningham V., Wenger T. V., Johnstone B. M., Armentrout W. P. The WISE catalog of galactic H II regions. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2014. 212, N 1. id. 1. DOI: 10.1088/0067-0049/212/1/1
6. Anglada G., Estalella R., Pastor J., Rodriguez L. F., Haschick A. D. A CS and NH₃ survey of regions with H₂O maser emission. *Astrophys. J.* 1996. 463. P. 205—223. DOI: 10.1086/177235
7. Ao Y., Yang J., Sunada K. ¹³CO, C¹⁸O, and CS observations toward massive dense cores. *Astron. J.* 2004. 128, N 4. P. 1716—1732. DOI: 10.1086/423906
8. Bachiller R., Gomez-Gonzalez J., Barcia A., Menten K. M. The 44 GHz methanol masers — results of an extensive survey in the 7₀ 6₁A line. *Astron. and Astrophys.* 1990. 240, N 1. P. 116—122.
9. Bae J.-H., Kim K.-T., Youn S.-Y., Kim W.-J., Byun D.-Y., Kang H., Oh C. S. A multi-epoch, simultaneous water and methanol maser survey toward intermediate-mass young stellar objects. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2011. 196, N 2. id. 21. DOI: 10.1088/0067-0049/196/2/21
10. Batrla W., Matthews H. E., Menten K. M., Walmsley C. M. Detection of strong methanol masers towards galactic H II regions. *Nature*. 1987. 326, N 6108. P. 49—51. DOI: 10.1038/326049a0
11. Bayandina O. S., Val'ts I. E., 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. 56, N 7. P. 553—563. DOI: 10.1134/S1063772912060029
12. Beuther H., Schilke P., Menten K. M., Motte F., Sridharan T. K., Wyrowski F. High-mass protostellar candidates. II. Density structure from dust continuum and CS emission. *Astrophys. J.* 2002. 566, N 2. P. 945—965. DOI: 10.1086/338334
13. Blaszkievicz L., 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. and Astrophys.* 2004. 413, N 1. P. 233—240. DOI: 10.1051/0004-6361:20031451
14. Breen S. L., Ellingsen S. P., Caswell J. L., Green J. A., Fuller G. A., Voronkov M. A., Quinn L. J., Avison A. Statistical properties of 12.2 GHz methanol masers associated with a complete sample of 6.7 GHz methanol masers. *Astrophys. J.* 2011. 733, N 2. id. 80. DOI: 10.1088/0004-637X/733/2/80
15. Breen S. L., Ellingsen S. P., Caswell J. L., Green J. A., Voronkov M. A., Avison A., Fuller G. A., Quinn L. J. 12.2-GHz methanol maser MMB follow-up catalogue. IV. Longitude range 20°—60°. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2016. 459, N 4. P. 4066—4087. DOI: 10.1093/mnras/stw965
16. Breen S. L., Ellingsen S. P., Caswell J. L., Green J. A., Voronkov M. A., Fuller G. A.,

- Quinn L. J., Avison A. 12.2-GHz methanol maser methanol multibeam follow-up catalogue — II. Longitude range 186° — 330° . *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2012. 426, N 3. P. 2189—2207. DOI:10.1111/j.1365—2966.2012.21759.x
17. Breen S. L., Ellingsen S. P., Caswell J. L., Lewis B. E. 12.2-GHz methanol masers towards 1.2-mm dust clumps: quantifying high-mass star formation evolutionary schemes. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2010. 401, N 4. P. 2219—2244. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2009. 15831.x
18. Breen S. L., Ellingsen S. P. Masers as evolutionary tracers of high-mass star formation. *Proc. of IAU Symp.* 2012. 287. P. 156—160. DOI: 10.1017/S1743921312006837
19. Bronfman L., Nyman L.-A., May J. A CS (2–1) survey of IRAS point sources with color characteristics of ultra-compact H II regions. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1996. 115. P. 1—81.
20. Burns R. A., Handa T., Nagayama T., Sunada K., Omodaka T. H₂O masers in a jet-driven bow shock: Episodic ejection from a massive young stellar object. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2016. 460, N. 1. P. 283—290. DOI:10.1093/mnras/stw958
21. Burns R. A., Imai H., Handa T., Omodaka T., Nakagawa A., Nagayama T., Ueno Y. A ‘Water Spout’ maser jet in S235AB-MIR. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2015. 453, N 3. P. 3163—3173. DOI: 10.1093/mnras/stv1836
22. Byun D.-Y., Kim K.-T., Bae J.-H. 44-GHz class I methanol maser survey towards 6.7-GHz class II methanol masers. *Proceedings of the International Astronomical Union.* 2012. 8(S287), P. 284—285. DOI: 10.1017/S1743921312007156
23. Caswell J. L., Fuller G. A., Green J. A., Avison A., Breen S. L., Brooks K. J., Burton M. G., Chrysostomou A., Cox J., Diamond P. J., Ellingsen S. P., Gray M. D., Hoare, M. G., Mashedier M. R. W., McClure-Griffiths N. M., Pestalozzi M. R., Philips C. J., Quinn L., Thompson M. A., Voronkov M. A. The 6-GHz methanol multibeam maser catalogue. I. Galactic centre region, longitudes 345° to 6° . *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2010. 404, N 2. P. 1029—1060. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.16339.x
24. Caswell J. L., Vaile R. A., Ellingsen S. P., Norris R. P. Galactic methanol masers at 12 GHz. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1995. 274, N 4. P. 1126—1152. DOI: 10.1093/mnras/ 274.4.1126
25. Caswell J. L., Yi J., Booth R. S., Cragg D. M. Methanol masers at 107.0 and 156.6 GHz. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2000. 313, N 3. P. 599—616. DOI: 10.1046/j.1365-8711.2000.03277.x
26. Catarzi M., Moscadelli L., Panella D. Observation of methanol maser sources with the Arcetri 12 GHz receiver. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1993. 98, N 1. P. 127—135.
27. Chen X., Ellingsen S. P., Shen Z.-Q., Titmarsh A., Gan C.-G. A 95 GHz class I methanol maser survey toward glimpse Extended Green Objects (EGOs). *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2011. 196, N 1. id. 9. DOI: 10.1088/0067-0049/196/1/9
28. Chen X., Ellingsen S. P., Shen Z.-Q. Class I methanol masers: Masers with extended green objects. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2009. 396, N 3. P. 1603—1609. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2009.14818.x
29. Choi Y. K., Hachisuka K., Reid M. J., Xu Y., Brunthaler A., Menten K. M., Dame T. M. Trigonometric parallaxes of star forming regions in the Perseus spiral arm. *Astrophys. J.* 2014. 790, N 2. id. 99. DOI: 10.1088/0004-637X/790/2/99
30. Connelley M. S., Reipurth B., Tokunaga A. T. The evolution of the multiplicity of embedded protostars. I. Sample properties and binary detections. *Astron. J.* 2008. 135, N 6. P. 2496—2525. DOI: 10.1088/0004-6256/135/6/2496
31. Cyganowski C. J., Brogan C. L., Hunter T. R., Churchwell E. A class I and class II CH₃OH maser survey of EGOs from the GLIMPSE survey. *Astrophys. J.* 2009. 702, N 2. P. 1615—1647. DOI: 10.1088/0004-637X/702/2/1615
32. Cyganowski C. J., Koda J., Rosolowsky E., Towers S., Meyer J. D., Egusa F., Momose R., Robitaille T. P. A water maser and NH₃ survey of glimpse extended green objects. *Astrophys. J.* 2013. 764, N 1. id. 61. DOI: 10.1088/0004-637X/764/1/61
33. Dzib S., Loinard L., Rodríguez L. F., Mioduszewski A. J., Torres R. M. VLBA Deter-

- mination of the distance to nearby star-forming regions. VI. The distance to the young stellar object HW 9 in Cepheus A. *Astrophys. J.* 2011. 733, N 1. id. 71. DOI: 10.1088/0004-637X/733/1/71
34. Ellingsen S. P. The relationship between class I and class II methanol masers. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2005. 359, N 4. P. 1498—1516. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2005.09010.x
 35. Ellingsen S. P., Breen S. L., Voronkov M. A., Dawson J. R. Testing maser-based evolutionary schemes: A new search for 37.7-GHz methanol masers. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2013. 429, N 4. P. 3501—3516. DOI: 10.1093/mnras/sts621
 36. Faúndez S., Bronfman L., Garay G., Chini R., Nyman L.-C., May J. SIMBA survey of southern high-mass star forming regions. I. Physical parameters of the 1.2 mm/IRAS sources. *Astron. and Astrophys.* 2004. 426, N 1. P. 97—103. DOI: 10.1051/0004-6361:20035755
 37. Fish V. L., Muehlbrad T. C., Pratap P., Sjouwerman L. O., Strel'nitski V., Pihlström Y. M., Bourke T. L. First interferometric images of the 36 GHz methanol masers in the DR21 Complex. *Astrophys. J.* 2011. 729, N 1. id. 14. DOI: 10.1088/0004-637X/729/1/14
 38. Fontani F., Cesaroni R., Furuya R. S. Class I and class II methanol masers in high-mass star-forming regions. *Astron. and Astrophys.* 2010. 517. id. A56. DOI: 10.1051/0004-6361/200913679
 39. Foster J. B., Jackson J. M., Barnes P. J., Barris E., Brooks K., Cunningham M., Finn S. C., Fuller G. A., Longmore S. N., Mascoop J. L., Peretto N., Rathborne J., Sanhueza P., Schuller F., Wyrowski F. The millimeter astronomy legacy team 90 GHz (MALT90) pilot survey. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2011. 197, N 2. id. 25. DOI: 10.1088/0067-0049/197/2/25
 40. Gan C.-G., Chen X., Shen Z.-Q., Xu Y., Ju B.-G. A search for 95 GHz class I methanol masers in molecular outflows. *Astrophys. J.* 2013. 763, N 1. id. 2. DOI: 10.1088/0004-637X/763/1/2
 41. Gibson D., Plume R., Bergin E., Ragan S., Evans N. Molecular line observations of infrared dark clouds. II. Physical conditions. *Astrophys. J.* 2009. 705, N 1. P. 123—134. DOI: 10.1088/0004-637X/705/1/123
 42. Gómez-Ruiz A. I., Kurtz S. E., Araya E. D., Hofner P., Loinard L. A catalog of methanol masers in massive star-forming regions. III. The molecular outflow sample. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2016. 222, N 2. id. 18. DOI: 10.3847/0067-0049/222/2/18
 43. Harju J., Lehtinen K., Booth R. S., Zinchenko I. A survey of SiO emission towards interstellar masers. I. SiO line characteristics. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1998. 132, N 2. P. 211—231. DOI: 10.1051/aas:1998448
 44. Haschick A. D., Menten K. M., Baan W. A. Detection of widespread strong methanol masers at 44 GHz. *Astrophys. J.* 1990. 354. P. 556—567. DOI: 10.1086/168715
 45. He J. H., Takahashi S., Chen X. A 1 mm spectral line survey toward glimpse Extended Green Objects (EGOs). *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2012. 202, N 1. id. 1. DOI: 10.1088/0067-0049/202/1/1
 46. Hennen J. High resolution observations of 36 GHz class I methanol masers at sites of 6.7 GHz class II methanol masers in star forming regions. College of Science and Health Theses and Dissertations. DePaul University. 2012.
 47. Hirota T., Ando K., Bushimata T., Choi Y. K., Honma M., Imai H., Iwadate K., Jike T., Kamenno S., Kameya O., Kamohara R., Kan-Ya Y., Kawaguchi H., Kuji S., Kurayama T., Manabe S., Matsui M. M. N., Miyaji T., Miyazaki A., Nagayama T., Nakagawa A., Namikawa D., Nyu D., Oh C. S., Omodaka T., Oyama T., Sakai S., Sasao T., Sato K., Sato M., Shibata K. M., Tamura Y., Ueda K., Yamashita K. Astrometry of H₂O masers in nearby star-forming regions with VERA III. IRAS 22198+6336 in Lynds1204G. *Publ. Astron. Soc. Jap.* 2008. 60, N 5. P. 961—974. DOI: 10.1093/pasj/60.5.961
 48. 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., Yamashita K. Distance to Orion KL measured with VERA. *Publ. Astron. Soc. Jap.* 2007. 59, N 5. P. 897—903. DOI: 10.1093/pasj/59.5.897
49. 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., Yamashita K. Astrometry of galactic star-forming region sharpless 269 with VERA: Parallax measurements and constraint on outer rotation curve. *Publ. Astron. Soc. Jap.* 2007. 59, N. 5. P. 889—895. DOI: 10.1093/pasj/59.5.889
50. Hou L. G. Han J. L. The observed spiral structure of the Milky Way. *Astron. and Astrophys.* 2014. 569. id. A125. DOI: 10.1051/0004-6361/201424039
51. Hu B., Menten K. M., Wu Y., Bartkiewicz A., Rygl K., Reid M. J., Urquhart J. S., Zheng X. On the relationship of UC H II regions and class II methanol masers. I. Source catalogs. *Astrophys. J.* 2016. 833, N 1. id. 18. DOI: 10.3847/0004-637X/833/1/18
52. Hughes V. A., MacLeod G. C. A Comparison of the infrared luminosity and ionizing luminosity of selected star forming regions. *Astron. J.* 1993. 105, N 4. P. 1495—1504. DOI: 10.1086/116528
53. Jijina J., Myers P. C., Adams F. C. Dense cores mapped in ammonia: A database. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1999. 125, N 1. P. 161—236. DOI: 10.1086/313268
54. Jordan C. H., Walsh A. J., Breen S. L., Ellingsen S. P., Voronkov M. A., Hyland L. J. MALT-45: a 7 mm survey of the southern galaxy. II. ATCA follow-up observations of 44 GHz class I methanol masers. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2017. 471, N 4. P. 3915—3954. DOI: 10.1093/mnras/stx1776
55. Kalenskii S. V., Liljestroem T., Val'tts I. E., Vasil'kov V. I., Slysh V. I., Urpo S. Observations of methanol masers at 95 GHz. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1994. 103. P. 129—134.
56. Kalenskii S. V., Promyslov V. G., Slysh V. I., Bergman P., Winnberg A. The detection of class I methanol masers towards regions of low-mass star formation. *Astron. Rep.* 2006. 50, N 4. P. 289—297. DOI 10.1134/S1063772906040032
57. Kang H., Kim K.-T., Byun D.-Y., Lee S., Park Y.-S. Simultaneous observation of water and class I Methanol masers toward class II methanol maser sources. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2015. 221, N 1. id. 6. DOI: 10.1088/0067-0049/221/1/6
58. Kang J., Byun D.-Y., Kim K.-T., Kim J., Lyo A.-R., Vlemmings W. H. T. Linear polarization of class I methanol masers in massive star-forming regions. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2016. 227, N 2. — id. 17. DOI: 10.3847/0067-0049/227/2/17
59. Kirsanova M. S., Sobolev A. M., Thomasson M. Gas kinematics in high-mass star-forming regions from the Perseus Spiral Arm. *Astron. Rep.* 2017. 61, N 9. P. 760—774. DOI: 10.1134/S1063772917090025
60. Kurtz S., Hofner P., Álvarez C. V. A catalog of CH₃OH 7₀–6₁A⁺ maser sources in massive star-forming regions. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2004. 155, N 1. P. 149—165. DOI: 10.1086/423956
61. Kutner M. L., Ulich B. L. Recommendations for calibration of millimeter-wavelength spectral line data. *Astrophys. J.* 1981. 250. P. 341—348. DOI: 10.1086/159380
62. Larionov G. M., Val'tts I. E. The methanol emission of isolated maser condensations: statistical velocity distribution. *Astron. Rep.* 2007. 51, N 9. P. 756—772. DOI: 10.1134/S1063772907090065
63. Larionov G. M., Val'tts I. E., Winnberg A., Johansson L. E. B., Booth R. S., 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. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1999. 139, N 2. P.

- 257—275. DOI: 10.1051/aas:1999392
64. Lee J.-E., Bergin E. A., Evans N. J. II. Evolution of chemistry and molecular line profiles during protostellar collapse. *Astrophys. J.* 2004. 617, N 1. P. 360—383. DOI: 10.1086/425153
65. Li F. C., Xu Y., Wu Y. W., Yang J., Lu D. R., Menten K. M., Henkel C. Ammonia and CO outflow around 6.7 GHz methanol masers. *Astrophys. J.* 2016. 152, N 4. id. 92. DOI: 10.3847/0004-6256/152/4/92
66. Liechti S., Wilson T. L. Maps of the 36GHz methanol emission. *Astron. and Astrophys.* 1996. 314. P. 615—624.
67. Lim W., Lyo A.-R., Kim K.-T., Byun D.-Y. Candidates for the young stellar outflows: Water and methanol masers from young stellar objects. *Astron. J.* 2012. 144, N 5. id. 151. DOI: 10.1088/0004-6256/144/5/151
68. Litovchenko I. D., Alakoz A. V., Val'ts I. E., Larionov G. M. Search for class I methanol maser emission in various types of objects in the interstellar medium. *Astron. Rep.* 2011. 55, N 12. P. 1086—1095. DOI: 10.1134/S1063772911120080
69. Lumsden S. L., Hoare M. G., Urquhart J. S., Oudmaijer R. D., Davies B., Mottram J. C., Cooper H. D. B., Moore T. J. T. The red MSX source survey: the massive young stellar population of our galaxy. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2013. 208, N 1. id. 11. DOI: 10.1088/0067-0049/208/1/11
70. Mehringer D. M., Zhou S., Dickel H. R. BIMA array observations of the 107 GHz methanol masers in Cepheus A. *Astrophys. J. Lett.* 1997. 475, N 1. P. L57—L60. DOI: 10.1086/310462
71. 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.
72. Minier V., Conway J. E., 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. and Astrophys.* 2001. 369, N 1. P. 278—290. DOI: 10.1051/0004-6361:20010124
73. Moellenbrock G. A., Claussen M. J., Goss W. M. A precise distance to IRAS 00420+5530 via H₂O maser parallax with the VLBA. *Astrophys. J.* 2009. 694, N 1. P. 192—204. DOI: 10.1088/0004-637X/694/1/192
74. Moisés A. P., Daminieli A., Figuerêdo E., Blum R. D., Conti P. S., Barbosa C. L. Spectrophotometric distances to galactic H II regions. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2011. 411, N 2. P. 705—760. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.17713.x
75. Molinari S., Brand J., Cesaroni R., Palla F. A search for precursors of ultracompact HII regions in a sample of luminous IRAS sources. I. Association with ammonia cores. *Astron. and Astrophys.* 1996. 308. P. 573—587.
76. Moscadelli L., Cesaroni R., Rioja M. J., Dodson R., Reid M. J. Methanol and water masers in IRAS 20126+4104: The distance, the disk, and the jet. *Astron. and Astrophys.* 2011. 526. id. A66. DOI: 10.1051/0004-6361/201015641
77. Moscadelli L., Reid M. J., Menten K. M., Brunthaler A., Zheng X. W., Xu Y. Trigonometric parallaxes of massive star-forming regions. II. Cep A and NGC 7538. *Astrophys. J.* 2009. 693, N 1. P. 406—412. DOI: 10.1088/0004-637X/693/1/406
78. Mottram J. C., Hoare M. G., Urquhart J. S., Lumsden S. L., Oudmaijer R. D., Robitaille T. P., Moore T. J. T., Davies B., Stead J. The red MSX source survey: The bolometric fluxes and luminosity distributions of young massive stars. *Astron. and Astrophys.* 2011. 525. id. A149. DOI: 10.1051/0004-6361/201014479
79. Müller H. S. P., Menten K. M., Mäder H. Accurate rest frequencies of methanol maser and dark cloud lines. *Astron. and Astrophys.* 2004. 428, N 3. P. 1019—1026. DOI: 10.1051/0004-6361:20041384
80. Niinuma K., Nagayama T., Hirota T., Honma M., Motogi K., Nakagawa A., Kurayama T., Kan-Ya Y., Kawaguchi N., Kobayashi H., Ueno Y. Astrometry of H₂O masers in the massive star-forming region IRAS 06061+2151 with VERA. *Publ. Astron. Soc. Jap.* 2011. 63, N 1. P. 9—16. DOI: 10.1093/pasj/63.1.9

81. Oh C. S., Kobayashi H., Honma M., Hirota T., Sato K., Ueno Y. VERA Observations of H₂O maser sources in three massive star-forming regions and galactic rotation measurements. *Publ. Astron. Soc. Jap.* 2010. 62, N 1. P. 101—114. DOI: 10.1093/pasj/62.1.101
82. Palla F., Brand J., Cesaroni R., Comeretto G., Felli M. Water masers associated with dense molecular clouds and ultracompact H II regions. *Astron. and Astrophys.* 1991. 246. P. 249—263.
83. Pandian J. D., Goldsmith P. F., Deshpande A. A. The arecibo methanol maser galactic plane survey. I. Data. *Astrophys. J.* 2007. 656, N 1. P. 255—274. DOI: 10.1086/510512
84. Patoka O. Spectral characteristics of molecule CS emission in regions containing methanol masers. 2015 International Young Scientists Forum on Applied Physics (YSF), Dnipropetrovsk, 2015, P. 1—2. DOI: doi: 10.1109/YSF.2015.7333259
85. Pestalozzi M. R., Minier V., Booth R. S. A General catalogue of 6.7-GHz methanol masers: I. Data. *Astron. and Astrophys.* 2005. 432, N 2. P. 737—742. DOI: 10.1051/0004-6361:20035855
86. Pestalozzi M. R., Minier V., Motte F., Conway J. E. Discovery of two new methanol masers in NGC 7538. Locating of massive protostars. *Astron. and Astrophys.* 2006. 448, N 3. P. L57—L60. DOI: 10.1051/0004-6361:200600006
87. Piddyachiy V. I., Shulga V. M., Korolev A. M., Myshenko V. V. High doping density Schottky diodes in the 3 mm wavelength cryogenic heterodyne receiver. *Int. J. Infrared Millimeter Waves.* 2005. 26, N 9. P. 1307—1315. DOI: 10.1007/s10762-005-7605-6
88. Plambeck R. L., Menten K. M. 95 GHz methanol masers near DR 21 and DR 21(OH). *Astrophys. J.* 1990. 364. P. 555—560. DOI: 10.1086/169437
89. Ragan S. E., Bergin E. A., Plume R., Gibson D. L., Wilner D. J., O'Brien S., Hails E. Molecular line observations of infrared dark clouds: seeking the precursors to intermediate and massive star formation. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2006. 166, N 2. P. 567—584. DOI: 10.1086/506594
90. Rodríguez-Garza C. B., Kurtz S. E., Gómez-Ruiz A. I., Hofner P., Araya E. D., Kalenskii S. V. A Catalog of 44 GHz methanol masers in massive star-forming regions. IV. The high-mass protostellar object sample. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2017. 233, N 1. id. 4. DOI: 10.3847/1538-4365/aa8f4e
91. Russeil D. Star-forming complexes and the spiral structure of our galaxy. *Astron. and Astrophys.* 2003. 397, N 1. P. 133—146. DOI: 10.1051/0004-6361:20021504
92. Rygl K. L. J., Brunthaler A., Reid M. J., Menten K. M., van Langevelde H. J., Xu Y. Trigonometric parallaxes of 6.7 GHz methanol masers. *Astron. and Astrophys.* 2010. 511. id. A2. DOI: 10.1051/0004-6361/200913135
93. Rygl K. L. J., Brunthaler A., Sanna A., Menten K. M., Reid M. J., van Langevelde J. H., Honma M., Torstensson K. J. E., Fujisawa K. Parallaxes and proper motions of interstellar masers toward the Cygnus X star-forming complex. I. Membership of the Cygnus X region. *Astron. and Astrophys.* 2012. 539. id. A79. DOI: 10.1051/0004-6361/201118211
94. Sakai N., Sato M., Motogi K., Nagayama T., Shibata K. M., Kanaguchi M., Honma M. Absolute proper motion of IRAS 00259+5625 with VERA: Indication of superbubble expansion motion. *Publ. Astron. Soc. Jap.* 2014. 66, N 1. id. 3. DOI: 10.1093/pasj/pst005
95. 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., Yamashita K. Distance to NGC 281 in a galactic fragmenting superbubble: Parallax measurements with VERA. *Publ. Astron. Soc. Jap.* 2008. 60, N 5. P. 975—989. DOI: 10.1093/pasj/60.5.975
96. Schenck D. E., Shirley Y. L., Reiter M., Juneau S. Testing the global star formation re-

- lation: an HCO⁺ (3-2) mapping study of red MSX sources in the Bolocam Galactic Plane Survey. *Astron. J.* 2011. 142, N 3. id. 94. DOI: 10.1088/0004-6256/142/3/94
97. 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., Stringfellow G. The Bolocam Galactic Plane Survey. V. HCO⁺ and N₂H⁺ spectroscopy of 1.1 mm dust continuum sources. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2011. 195, N 2. id. 14. DOI: 10.1088/0067-0049/195/2/14
98. Slysh V. I., Kalenskii S. V., Val'tts I. E., Golubev V. V. Detection of a new methanol maser line with the kitt peak 12 meter telescope by remote observing from Moscow. *Astrophys. J. Lett.* 1997. 478, N 1. P. L37—L40. DOI: 10.1086/310548
99. Slysh V. I., Val'tts I. E., Kalenskii S. V., Voronkov M. A., Palagi F., Tofani G., Catarzi M. The medicina survey of methanol masers at 6.7 GHz. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1999. 134, N 1. P. 115—128. DOI: 10.1051/aas:1999127
100. Sun Y., Xu Y., Chen X., Zhang B., Wu Y.-W., Henkel C., Brunthaler A., Choi Y. K., Zheng X.-W. 6.7 GHz methanol maser survey toward GLIMPSE point sources and BGPS 1.1 mm dust clumps. *Astron. and Astrophys.* 2014. 563. id. A130. DOI: 10.1051/0004-6361/201323047
101. Szymczak M., Bartkiewicz A., Richards A. M. S. A multi-transition molecular line study of candidate massive young stellar objects associated with methanol masers. *Astron. and Astrophys.* 2007. 468, No. 2. P. 617—625. DOI: 10.1051/0004-6361:20077289
102. Szymczak M., Hrynek G., Kus A. J. A survey of the 6.7 GHz methanol maser emission from IRAS sources — I. Data. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 2000. 143, N 2. P. 269—301. DOI: 10.1051/aas:2000334
103. Szymczak M., Kus A. J., Hrynek G., Kępa A., Pazderski E. 6.7 GHz Methanol masers at sites of star formation. A blind survey of the galactic plane between 20° L° $b|$ 0.52 . *Astron. and Astrophys.* 2002. 392, N 1. P. 277—286. DOI: 10.1051/0004-6361:20020907
104. Szymczak M., Pillai T., Menten K. M. Masers as signposts of high-mass protostars. A water maser survey of methanol maser sources. *Astron. and Astrophys.* 2005. 434, N 2. P. 613—621. DOI: 10.1051/0004-6361:20042437
105. Szymczak M., Wolak P., Bartkiewicz A., Borkowski K. The Torun catalogue of 6.7 GHz methanol masers. *Astron. Nachr.* 2012. 333, N 7. P. 634—639. DOI: 10.1002/asna.201211702
106. Traficante A., Fuller G. A., Peretto N., Pineda J. E., 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 L° *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2015. 451, N 3. P. 3089—3106. DOI: 10.1093/mnras/stv1158
107. Urquhart J. S., Moore T. J. T., Hoare M. G., Lumsden S. L., Oudmaijer R. D., Rathborne J. M., Mottram J. C., Davies B., Stead J. J. The red MSX source survey: Distribution and properties of a sample of massive young stars. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2011. 410, N 2. P. 1237—1250. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2010.17514.x
108. Urquhart J. S., Moore T. J. T., Menten K. M., König C., Wyrowski F., Thompson M. A., Csengari T., Leurini S., Eden D. J. The almost ubiquitous association of 6.7-GHz methanol masers with dust. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2015. 446, N 4. P. 3461—3477. DOI: 10.1093/mnras/stu2300
109. Val'tts I. E., Dzura A. M., Kalenskii S. V., Slysh V. I., Booth R. S., Winnberg A. The discovery of methanol masers at 107 GHz. *Astron. and Astrophys.* 1995. 294, N 3. P. 825—830.
110. Val'tts I. E., Ellingsen S. P., Slysh V. I., Kalenskii S. V., Otrupcek R., Larionov G. M. Detection of new sources of methanol emission at 95 GHz with the Mopra Telescope. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2000. 317, N 2. P. 315—332. DOI: 10.1046/j.1365-8711.2000.03518.x
111. Val'tts I. E., Larionov G. M. A General catalog of class I methanol masers. *Astron. Rep.* 2007. 51, N 7. P. 519—530. DOI: 10.1134/S1063772907070013

112. Villiers de H. M., Chrysostomou A., Thompson M. A., Ellingsen S. P., Urquhart J. S., Breen S. L., Burton M. G., Csengeri T., Ward-Thompson D. Methanol maser associated outflows: Detection statistics and properties. *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 2014. 444, N 1. P. 566—585. DOI: 10.1093/mnras/stu1474
113. Wilson T. L., Walmsley C. M., Jewell P. R., Snyder L. E. Detection of a new type of methanol maser. *Astron. and Astrophys.* 1984. 134. P. L7—L10.
114. Wouterloot J. G. A., Brand J. IRAS sources beyond the solar circle. I. CO observations. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1989. 80, N 2. P. 149—187.
115. Wu J., Evans N. J., Shirley Y. L., Knez C. The properties of massive, dense clumps: Mapping surveys of HCN and CS. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2010. 188, N 2. P. 313—357. DOI: 10.1088/0067-0049/188/2/313
116. Wu Y., Huang M., He J. A Catalogue of high velocity molecular outflows. *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1996. 115. P. 283—284.
117. Wu Y., Wu J., Wang J. A search for massive dense cores with $^{13}\text{CO } J=1-0$ line. *Astron. and Astrophys.* 2001. 380, N 2. P. 665—672. DOI: 10.1051/0004-6361:20011498
118. Wu Y. W., Sato M., Reid M. J., Moscadelli L., Zhang B., Xu Y., Brunthaler A., Menten K. M., Dame T. M., Zheng X. W. Trigonometric parallaxes of star-forming regions in the Sagittarius spiral arm. *Astron. and Astrophys.* 2014. 566. id. A17. DOI: 10.1051/0004-6361/201322765
119. Wu Y. W., Xu Y., Pandian J. D., Yang J., Henkel C., Menten K. M., Zhang S. B. Ammonia and CO observations toward low-luminosity 6.7 GHz methanol masers. *Astrophys. J.* 2010. 720, N 1. P. 392—408. DOI: 10.1088/0004-637X/720/1/392
120. Wu Y.-W. Xu Y., Yang J. Multiwavelength study of low-luminosity 6.7-GHz methanol masers. *Res. in Astron. and Astrophys.* 2011. 11, N 2. P. 137—155. DOI: 10.1088/1674-4527/11/2/002 Research in Astronomy and Astrophysics (RAA)
121. Xu Y., Li J. J., Reid M. J., Menten K. M., Zheng X. W., Brunthaler A., Moscadelli L., Dame T. M., Zhang B. On the nature of the local spiral arm of the Milky Way. *Astrophys. J.* 2013. 769, N 1. id. 15. DOI: 10.1088/0004-637X/769/1/15
122. Xu Y., Reid M. J., Menten K. M., Brunthaler A., Zheng X. W., Moscadelli L. Trigonometric parallaxes of massive star-forming regions: III. G59.7+0.1 and W51 IRS2. *Astrophys. J.* 2009. 693. P. 413—418. DOI: 10.1088/0004-637X/693/1/413
123. Xu Y., Zheng X.-W., Jiang D.-R. Statistical properties of 6.7 GHz methanol maser sources. *Chin. J. Astron. and Astrophys.* 2003. 3, No. 1. P. 49—68.
124. Yang W., Xu Y., Chen X., Ellingsen S. P., Lu D., Ju B., Li Y. A new 95 GHz methanol maser catalog. I. Data. *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2017. 231, N 2. id. 20. DOI: 10.3847/1538-4365/aa6ff3
125. Zhang B., Moscadelli L., Sato M., Reid M. J., Menten K. M., Zheng X. W., Brunthaler A., Dame T. M., Xu Y., Immer K. The parallax of W43: A massive star-forming complex near the galactic bar. *Astrophys. J.* 2014. 781, N 2. id. 89. DOI: 10.1088/0004-637X/781/2/89
126. Zhang B., Reid M. J., Menten K. M., Zheng X. W., Brunthaler A., Dame T. M., Xu Y. Parallaxes for W49N and G048.60+0.02: Distant star forming regions in the Perseus spiral arm. *Astrophys. J.* 2013. 775, N 1. id. 79. DOI: 10.1088/0004-637X/775/1/79
127. Zinchenko I., Forsstroem V., Lapinov A., 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. and Astrophys.* 1994. 288. P. 601—616.
128. Zubrin S. Y., Shulga V. M. The 95 GHz methanol maser towards the supernova remnant Kes 79. Young Scientists 15th Proceedings. 2008. P. 41—43.

Статья поступила в редакцию 26.03.2018

*О. М. Патока, В. М. Шульга, О. В. Антюфеев,
В. В. Мищенко, О. М. Корольов, В. І. Піддячий*

Радіоастрономічний інститут Національної академії наук України, Харків, Україна

ОГЛЯД ОБЛАСТЕЙ З МЕТАНОЛЬНИМИ МАЗЕРАМИ
В ЛІНІЇ CS ($J = 2-1$). СТАТИСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВИПРОМІНЮВАНЬ

Основна мета цієї роботи полягала у встановленні взаємозалежностей між параметрами випромінювання метанольного мазера, який виникає в щільних областях зореутворення, і параметрами щільного ядра, які визначалися по випромінюванню молекули CS. Ми проспостерігали в цілому 164 джерела в напрямку на позиції метанольних мазерів з використанням RT-22 в КрАО, Україна. Для 85 джерел було виявлено випромінювання в лінії CS ($J = 2-1$). Більшість джерел були відібрані з каталогів метанольних мазерів як класу I, так і класу II. Для метанольних мазерів північної небесної півсфери це найповніший огляд в лінії CS ($J = 2-1$). Ми проводимо порівняльний аналіз параметрів спектрів CS ($J = 2-1$) і метанольних мазерів, світимостей щільних ядер і інфрачервоних джерел. Ми вивчаємо рівні виявлення випромінювання в лінії CS ($J = 2-1$), інтенсивності і ширину ліній CS ($J = 2-1$), різниці між систематичними швидкостями і швидкостями центрів мазерних ліній. Показані відмінності рівнів виявлення випромінювання в лінії CS ($J = 2-1$) для різних вибірок джерел. Знайдено вид залежностей $\lg L_{CS}$ від $\lg L_{bol}$, $\lg L_{mas}$ від $\lg L_{CS}$, та $\lg L_{mas}$ від $\lg L_{bol}$ для джерел, з якими асоціюються метанольні мазери. Спираючись на світимість інфрачервоних джерел, визначені вибірки джерел, в яких випромінювання в лінії CS ($J = 2-1$) реєструється з більшою ймовірністю.

Ключові слова: метанольні мазери, молекула CS, щільні ядра, зореутворення.

*О. М. Patoka, V. M. Shulga, O. V. Antyufeyev,
V. V. Myshenko, A. M. Korolev, V. I. Piddyachiy*

Institute of Radio Astronomy of National Academy of Sciences of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine

THE SURVEY OF THE REGIONS WITH METHANOL MASERS
IN CS ($J = 2-1$) LINE EMISSION. STATISTICAL CHARACTERISTICS
OF THE RADIATIONS

The main purpose of this work was to establish relations between the parameters of methanol maser emission, which originates in dense star-forming regions, and parameters of the dense cores, which were obtained using emission of CS molecule. We have observed a total of 164 sources toward methanol maser positions using the RT-22 in CrAO, Ukraine. For 85 sources, emission in the CS ($J = 2-1$) line was detected. Most of the sources were selected from catalogues for both Class I and Class II methanol masers. For methanol masers, this is the most complete CS ($J = 2-1$) line survey in the north sky. We make a comparative analysis of the parameters of CS ($J = 2-1$) and methanol masers spectra, luminosities of dense cores and infrared sources. We study the detection rates of emission in CS ($J = 2-1$) line, the intensities and widths of the CS ($J = 2-1$) lines, the differences between the systematic velocities and the velocities of the maser lines centers. Differences in detection rates in the CS ($J = 2-1$) line emission for different source samples are shown. A form of dependencies $\log L_{CS} - \log L_{bol}$, $\log L_{mas} - \log L_{CS}$ and $\log L_{mas} - \log L_{bol}$ for sources with which methanol masers are associated is found. Based on the luminosity of infrared sources, samples of sources are identified, in which the emission in the CS line ($J = 2-1$) is detected with a higher probability.

Keywords: methanol masers, CS, dense cores, star formation

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица I(III). Основные характеристики исследуемых источников

ID	Мазер	Регион	α_{2000}	δ_{2000}	V_{LSR} , км/с	Det	СКО*, К	Ref	D_{int} , кпк	Ref	L_{bol}/L_{\odot}	Ref
2	119.779-6.931	СВ34; NGC2071; HH7-11; 00259+5625	00 ^h 28 ^m 42.7 ^s	+56 42 07.0	-33.96	N	0.14	[11]	2.43	[94]	656*	[117]
3	121.28+0.65	L1287	00 36 42.2	+63 28 30.0	-22.4	Y	0.39	[85]	0.929	[92]	1469*	[96]
4	121.298+0.659	IRAS 00338+6312	00 36 47.5	+63 29 02.0	-17.54	Y	0.44	[11]	0.929	[92]	1469*	[96]
5	122.015-7.072	MoI_3	00 44 57.6	+55 47 18.0	-48.8	N	0.11	[11]	2.17	[73]	83769*	[75]
6	G123.07-6.31	NGC281-W; 00494+5617	00 52 23.9	+56 33 45.0	-30.7	Y	0.60	[40]	2.82	[95]	90286*	[96]
7	IRAS 02226+61.50	W3(3); LDN1359	02 25 53.6	+62 04 10.6	-38.4	Y	0.12	[111]	2	[69]	12194*	[96]
9	136.84+1.12		02 49 23.1	+60 46 26.0	-45.1	N	0.54	[85]	3	[69]	3270	[69]
10	G138.30+1.56	AFGL4029	03 01 32.7	+60 29 12.0	-33.98	Y	0.13	[40]	3.64	[50]	22644*	[78]
11	G158.40-20.57	NGC 1333; IRAS4A; HH 7-11L1450	03 29 10.5	+31 13 32.0	7.18	Y	0.13	[40]	0.35	[116]		
13	G174.19-0.09	AFGL6366S	05 30 42.0	+33 47 14.0	2.1	N	0.31	[85]	1.8	[53]	4788*	[78]
15	05358+3543	S231	05 39 12.91	+35 45 54.0	-16.67	Y	0.67	[111]	2.3	[53]	10025*	[78]
16	G173.58+2.44	IRAS 05361+3539	05 39 27.5	+35 40 43.0	-16.79	Y	0.49	[40]	2.3	[53]	539*	[78]
17	G173.71+2.35		05 39 27.6	+35 30 58.0	-14.0	N	0.33	[85]	12.7	[85]		
18	G183.72-3.66	GGD4	05 40 24.1	+23 50 54.0	2.64	Y	0.12	[40]	1.59	[29]	690*	[78]
19	IRAS 05375+3540	S235	05 40 53.32	+35 41 48.8	-16.38	Y	0.14	[111]	1.56	[21]	3157*	[78]
20	G173.69+2.87		05 41 33.8	+35 48 27.0	-24.1	Y	0.23	[85]	16.55	[114]	200000	[114]
21	203.05-14.5	NGC2024_FIR4	05 41 44.2	-01 54 44.9	-1.0	Y	0.89	[85]	0.437	[48]	10826*	[53]
22	G206.57-16.36	NGC2024_FIR6	05 41 45.5	-01 56 02.0	11.77	Y	0.14	[40]	0.437	[48]	10826*	[53]
24	IRAS 05445+0020	NGC 2071	05 47 04.15	+00 21 42.1	10.07	Y	0.24	[111]	0.5	[53]	1493+	[53]
25	183.34+0.59		05 51 06.0	+25 45 45.0	-4.8	N	0.46	[85]	2.1	[52]	4595*	[78]
26	183.348-0.577	IRAS 05480+2545; L1617	05 51 10.6	+25 46 14.0	-9.79	Y	0.56	[11]	2.1	[52]	4595*	[78]
27	189.78+0.34	S252A	06 08 34.5	+20 38 50.0	6.0	Y	0.31	[85]	2.65	[50]	65209*	[96]
28	189.03+0.76	AFGL6366S	06 08 36.1	+21 30 28.0	9.2	N	0.54	[85]	0.67	[50]	2242*	[78]
29	G188.9	IRAS 06056+2131; AFGL 6466	06 08 41.1	+21 31 03.6	2.8	Y	0.77	[111]	0.67	[50]	2242*	[78]
30	188.95+0.89	AFGL5180; S252	06 08 53.35	+21 38 28.7	11.0	Y	0.56	[85]	1.76	[81]	7322*	[78]
31	188.79+1.02	IRAS 06061+2151; AFGL 5182	06 09 06.5	+21 50 26.0	-5.5	Y	0.22	[85]	2	[80]	8137*	[78]
32	192.60-0.05	S255	06 12 54.0	+17 59 23.0	5.0	Y	0.48	[85]	1.78	[20]	28300*	[78]
33	Baya_14		06 13 15.1	+15 22 36.0	16.4	Y	0.14	[11]	3.28	[50]	7442*	[78]
34	196.45-1.68	S269	06 14 37.06	+13 49 37.0	15.0	N	0.60	[85]	5.3	[49]	94698*	[78]
35	G207.27-1.81	AFGL961	06 34 37.6	+04 12 44.0	12.09	N	0.12	[40]	1	[69]	2807*	[78]
36	202.92+1.47	NGC2264	06 38 24.9	+09 32 28.0	8.0	N	0.81	[85]	1.1	[85]		

Продолжение табл. 1(II)

ID	Мазер	Регион	J_{2000}	J_{2000}	$V_{\text{ЛОР}}$, км/с	Det	СКО*, К	Ref	Dist, кпк	Ref	L_{bol}/L_{\odot}	Ref
37	IRAS 06384+0932	NGC2264	06 41 09.67	06 41 09.67	+09 29 34.9	Y	0.18	[111]	0.6	[69]	1161*	[78]
38	31.16+0.06		18 47 59.6	18 47 59.6	-01 32 37.0	N	0.58	[85]	11.93	[50]	19272*+	[78]
40	31.58+0.08		18 48 44.3	18 48 44.3	-01 11 18.0	N	0.54	[85]	5.49	[123]	27853*	[78]
42	32.03+0.06	IRAS18470-0049	18 49 37.3	18 49 37.3	-00 45 47.0	Y	0.29	[85]	8.78	[50]	92960*+	[78]
43	32.74-0.08		18 51 22.8	18 51 22.8	-00 12 15.0	Y	0.43	[85]	11.6	[69]	26679*	[78]
45	33.09-0.07	IRAS 18494+0002	18 51 58.9	18 51 58.9	+00 07 27.0	N	0.42	[85]	7.4	[85]		
47	33.13-0.09	IRAS18495-0002	18 52 07.1	18 52 07.1	+00 07 56.0	N	0.75	[85]	5.59	[50]	2492*	[78]
48	33.40+0.01	IRAS 18497+0022	18 52 10.6	18 52 10.6	+00 25 09.0	N	0.51	[85]	6.4	[96]	13053*	[78]
51	33.86+0.01	IRAS18504-0044	18 53 05.2	18 53 05.2	+00 49 36.0	N	0.63	[85]	4.2	[85]		
52	G34.28+0.18		18 53 15.0	18 53 15.0	+01 17 11.0	Y	0.12	[27]	3.49	[45]		
53	G34.26+0.15		18 53 16.4	18 53 16.4	+01 15 07.0	Y	0.58	[27]	2.11	[74]	123641*	[96]
54	G34.41+0.24		18 53 17.9	18 53 17.9	+01 25 25.0	Y	0.50	[27]	1.56	[116]	573*	[78]
55	34.39+0.24	IRAS 18507+0121	18 53 21.5	18 53 21.5	+01 24 09.0	Y	0.58	[85]	1.56	[118]	573*	[78]
56	34.24+0.13	IRAS 18507+0110	18 53 21.5	18 53 21.5	+01 13 43.0	Y	0.50	[85]	2.11	[74]	123641*	[96]
58	33.74-0.15	IRAS 18509+0035	18 53 26.9	18 53 26.9	+00 39 01.0	N	0.61	[85]	3.6	[85]		
59	33.64-0.21	IRAS 18509+0027	18 53 28.7	18 53 28.7	+00 31 58.0	N	0.63	[85]	7.1	[5]		
60	34.10+0.01	IRAS18509-0058	18 53 31.9	18 53 31.9	+01 02 26.0	N	1.0	[85]	3.53	[106]	3655	[106]
61	W44	IRAS 18507+0110; Mol_75	18 53 37.7	18 53 37.7	+01 50 25.4	Y	0.81	[111]	3.7	[5]	9316*	[78]
62	33.68-0.26		18 53 45.2	18 53 45.2	+00 32 47.0	N	0.65	[85]	4.1	[85]		
63	35.02+0.35	IRAS 18515+0157	18 54 00.6	18 54 00.6	+02 00 50.0	Y	0.71	[85]	2.32	[118]	25976*	[53]
64	37.40+1.52		18 54 10.5	18 54 10.5	+04 40 49.0	Y	0.74	[85]	1.88	[35]	8640*	[36]
65	37.427+1.518	Mol_76	18 54 13.8	18 54 13.8	+04 41 32.0	Y	0.61	[11]	1.88	[75]	10060*	[75]
66	34.74-0.09	IRAS 18526+0130	18 55 03.4	18 55 03.4	+01 34 17.0	N	0.62	[85]	3.4	[85]		
67	36.10+0.56	IRAS 18527+0301	18 55 15.6	18 55 15.6	+03 04 42.0	N	0.37	[85]	5.26	[75]	16000	[75]
68	IRAS 18556+0136		18 55 16.92	18 55 16.92	+03 05 06.8	N	0.11	[111]	5.26	[75]	16000	[75]
69	IRAS 18565+0349	Mol_77	18 56 10.83	18 56 10.83	+07 53 14.1	N	0.15	[111]	1.72	[50]	13080*	[96]
70	G35.04-0.47	Mol_82	18 56 58.1	18 56 58.1	+01 39 37.0	Y	0.13	[27]	3.23	[106]	717+	[106]
71	IRAS 18511+0146	Mol_75	18 57 09.05	18 57 09.05	+01 39 03.0	N	0.16	[111]	2.11	[74]	3037*	[78]
72	G35.79-0.17	IRAS 18547+0223	18 57 16.7	18 57 16.7	+02 27 56.0	Y	0.68	[27]	2	[106]	1037	[106]
73	G35.13-0.74		18 58 06.4	18 58 06.4	+01 37 01.0	Y	0.11	[27]	2.3	[106]	9139+	[106]
74	36.70+0.09	IRAS 18554+0319	18 58 00.9	18 58 00.9	+03 23 30.0	N	0.62	[85]	3.8	[85]		
75	35.20-0.74		18 58 12.7	18 58 12.7	+01 40 50.0	Y	0.47	[85]	2.19	[118]	31048*	[78]
76	37.60+0.42	IRAS 18559+0416	18 58 28.5	18 58 28.5	+04 20 34.0	N	0.54	[85]	6.3	[97]		

Продолжение табл. 1(П)

ID	Мазер	Регион	μ_{2000}	δ_{2000}	V_{LSR} , км/с	Det	СКО*, К	Ref	Dist, кпк	Ref	L_{bol}/L_{\odot}	Ref
77	37.02-0.03	IRAS 18563+0332	18 58 59.9	+03 37 40.0	78.8	N	0.66	[85]	5.1	[97]		[75]
78	IRAS 18527+0301	Mo1_77	18 59 03.82	+03 53 43.0	75.7	N	0.13	[111]	6.77	[75]	26000	[75]
79	37.54+0.21	IRAS 18566+0408	18 59 11.6	+04 12 08.0	83.7	Y	0.40	[85]	7.16	[50]	44121*	[78]
80	34.78-1.38		18 59 44.7	+01 01 12.0	46.9	Y	0.56	[85]	3.07	[50]		
81	37.47-0.11		19 00 06.7	+03 59 27.0	58.4	N	0.68	[85]	5.51	[106]	7617+	[106]
82	37.52-0.10	IRAS 18577+0358	19 00 14.4	+04 02 35.0	62.6	N	0.69	[85]	10.04	[50]	182334*	[78]
83	39.10+0.48	IRAS 18585+0538	19 00 59.5	+05 42 28.0	15.3	N	0.46	[85]	11.9	[104]	31623	[104]
84	38.20-0.08		19 01 22.8	+04 39 10.0	79.8	N	0.68	[85]	6.7	[32]		
85	38.26-0.08	IRAS 18590+0437	19 01 28.7	+04 42 02.0	15.4	N	0.54	[85]	1	[69]	71*	[78]
86	38.10-0.21	IRAS 18592+0426	19 01 47.6	+04 30 32.0	69.4	N	0.58	[85]	7.1	[50]	1703*	[78]
87	38.03-0.30	IRAS 18593+0419	19 01 50.0	+04 23 54.0	55.7	N	0.72	[85]	3.9	[104]	3162	[104]
88	40.41+0.70		19 02 37.9	+06 58 25.0	15.6	N	0.53	[85]	11.76	[50]	9558*	[78]
89	38.91-0.35		19 03 40.0	+05 09 29.0	32.3	Y	0.81	[85]	3.7	[106]	8103+	[106]
90	G39.39-0.14	IRAS 19012+0536	19 03 45.3	+05 40 43.0	65.62	N	0.52	[27]	4.5	[5]	2368*	[78]
91	40.25-0.19	IRAS 19031+0621	19 05 40.6	+06 26 08.0	74.0	N	0.40	[85]	5.3	[5]	3663*	[78]
92	41.377+0.038	Mo1_93	19 06 47.6	+07 31 38.0	58.69	N	0.10	[11]	4.15	[50]	6447*	[78]
93	41.10-0.22		19 07 13.80	+07 09 44.0	63.4	N	0.55	[85]	4.36	[74]	14000	[75]
94	41.21-0.19		19 07 19.6	+07 16 45.0	57.1	N	0.53	[85]	3.97	[106]	1453+	[106]
95	42.07+0.24		19 07 20.8	+08 14 12.0	12.5	N	0.67	[85]	11.5	[5]		
96	41.34-0.14		19 07 21.87	+07 25 17.34	14.0	N	0.49	[85]	11.41	[65]		
97	G40.60-0.72	IRAS 19049+0720	19 08 03.3	+06 29 15.0	64.52	N	0.11	[27]	4.61	[50]	4692*	[78]
98	43.15+0.02	W49N	19 10 09.7	+09 05 35.0	13.0	Y	0.55	[85]	11.11	[126]	38640*	[78]
99	W49N	IRAS 19078+0901	19 10 13.4	+09 06 14.3	15.57	Y	0.72	[111]	11.11	[126]	678879*	[78]
100	IRAS 19092+0841	Mo1_98	19 10 13.40	+09 06 14.3	58.0	N	0.16	[111]				
101	43.304-0.208	Mo1_97	19 11 15.9	+09 07 27.0	58.67	N	0.17	[11]	7.93	[50]	57012*	[78]
102	43.02-0.44		19 11 36.0	+08 46 03.0	54.8	N	0.79	[85]	4.48	[75]	17000	[75]
103	S76E	IRAS 19093+0841	19 11 38.9	+08 46 38.0	33.3	N	0.37	[111]	4.48	[75]	17000	[75]
105	45.07+0.13		19 13 22.4	+10 50 45.0	58.0	N	0.51	[85]	7.75	[118]	523007	[78]
106	45.49+0.13	G45.49; IRAS 19117+1107	19 14 10.1	+11 13 05.0	57.0	Y	0.31	[85]	4.37	[106]	28864+	[106]
107	45.44+0.07		19 14 17.4	+11 08 45.0	50.0	Y	0.49	[85]	8.4	[118]	477075*	[78]
108	43.87-0.77	G43.89	19 14 23.40	+09 22 14.0	47.4	Y	0.47	[85]	8.26	[118]	65312*	[78]
109	G45.80-0.36		19 16 31.1	+11 16 11.0	58.06	Y	0.49	[27]	4.54	[106]	6408	[106]
110	49.38+0.33		19 20 53.3	+14 45 41.0	-12.4	N	0.44	[85]	13.1	[5]		
111	50.00+0.59		19 21 10.5	+15 25 42.0	-5.0	N	0.29	[85]				

Продолжение табл. 1(II)

ID	Мазер	Регион	δ_{2000}	α_{2000}	V_{LSR} , км/с	Det	СКО*, К	Ref	D_{lst} , кпк	Ref	$L_{bol}L_{\odot}$	Ref
112	50.29+0.69	IRAS 19191+1538	19 21 22.2	+15 43 43.0	29.9	N	0.47	[85]	2.1	[69]	3670	[69]
113	G49.07-0.33		19 22 41.9	+14 10 12.0	61.4	N	0.11	[27]	5.52	[106]	4187+	[106]
115	49.55-0.25		19 23 23.5	+14 37 52.0	62.8	N	0.52	[85]	6.5	[107]	529*	[78]
116	W51N	IRAS 19213+1424	19 23 37.24	+14 31 07.9	60.0	Y	0.69	[111]	5.13	[122]	5350*	[78]
117	45.472-0.371	W51-Met5	19 23 38.08	+14 30 04.9	66.72	Y	0.67	[11]	5.21	[118]	72087*	[78]
118	49.49-0.39	W51el/e2 19213+1424	19 23 44.5	+14 30 31.0	59.0	Y	0.75	[85]	5.21	[118]	72087*	[78]
119	W51-Met1	W51-Met1	19 23 43.88	+14 29 25.4	56.0	Y	0.69	[111]	5.21	[118]	72087*	[78]
120	49.57-0.38		19 23 53.6	+14 34 54.0	59.3	Y	0.43	[85]	5.21	[118]	41655*	[78]
122	G51.68+0.72	IRAS 19217+1651	19 23 58.8	+16 57 37.0	2.66	N	0.13	[40]	10.5	[5]	81956*	[78]
123	49.66-0.45		19 24 19.7	+14 38 02.0	59.6	N	0.45	[85]	5.4	[5]	24214*	[12]
124	49.03-1.06		19 25 18.5	+13 46 59.0	35.5	N	0.70	[85]	3.06	[50]	4641*	[78]
125	G54.45+1.01		19 28 26.4	+19 32 15.0	36.9	N	0.10	[27]	0.87	[106]	122	[106]
126	53.01+0.12	IRAS 19266+1745	19 28 49.9	+17 51 14.0	10.0	N	0.46	[85]	10	[5]		
127	53.032+0.117	IRAS 19266+1745	19 28 54.0	+17 51 56.0	6.1	Y	0.66	[11]	10	[5]	4066*	[78]
128	53.14+0.07		19 29 17.7	+17 56 20.0	23.8	Y	0.58	[123]	1.9	[69]	4471*	[78]
129	53.62+0.02	IRAS 19282+1814	19 30 25.3	+18 20 20.0	18.7	Y	0.32	[85]	7.75	[50]	19197*	[78]
130	52.66-1.09	IRAS 19326+1656	19 32 35.3	+16 57 33.0	65.0	N	0.59	[85]	5.2	[5]		
131	58.75+0.65	IRAS 19366+2301	19 38 43.9	+23 07 54.0	34.0	N	0.45	[85]	4.4	[5]		
132	59.84+0.66	Mol_110	19 40 59.4	+24 04 39.0	38.4	N	0.40	[85]	4.3	[5]	9766*	[78]
133	G59.79+0.63		19 41 03.1	+24 01 15.0	30.9	Y	0.10	[27]	4.3	[5]		
134	G59.78 + 0.06	IRAS 19410+2336	19 43 11.55	+23 43 54.0	22.59	Y	0.61	[111]	2.16	[122]	8382*	[78]
135	60.56-0.17		19 45 48.8	+24 17 22.0	3.6	N	0.40	[85]	7.5	[70]	30450*	[78]
137	70.12+1.72		20 00 49.6	+33 28 20.0	-26.5	N	0.47	[85]	7	[92]		
139	G65.78-2.61	IRAS 20050+2720MMS1	20 07 06.2	+27 28 53.0	6.32	Y	0.12	[40]	1.1	[69]	663*	[78]
140	73.04+1.80		20 08 04.6	+35 58 47.0	-2.5	N	0.34	[85]	1.4	[69]	1606*	[78]
141	75.062+1.797	Mol_116	20 08 09.7	+35 59 20.0	0.6	N	0.58	[11]	1.4	[99]	1606*	[78]
144	69.52-0.97	ON1	20 10 05.2	+31 30 55.0	15.1	Y	0.31	[85]	2.35	[121]	23609*	[78]
145	71.51-0.38		20 12 56.8	+33 30 05.0	10.7	N	0.97	[85]	1.4	[69]	1419*	[78]
146	Mol119	IRAS20126+4104	20 14 25.23	+41 13 35.9	-3.5	Y	0.44	[111]	1.64	[76]	5463*	[78]
147	77.462+1.759	Mol_121	20 20 39.3	+39 37 52.0	3.0	Y	0.14	[5]	1.5	[5]	6439*	[78]
148	75.76+0.34	ON2	20 21 40.1	+37 25 37.0	-2.9	Y	0.39	[85]	3.51	[121]	206515*	[78]
149	75.772+0.343	ON2G75C	20 21 44.41	+37 26 48.3	3.8	Y	0.64	[11]	3.51	[121]	206515*	[78]
150	G79.88+2.55	IRAS 20227+4154	20 24 31.1	+42 04 17.0	4.84	N	0.14	[40]	1.49	[50]	2730*	[78]
151	78.62+0.98		20 27 26.8	+40 07 50.0	-39.0	N	0.40	[85]	8.1	[85]		

Окончание табл. I (II)

ID	Мазер	Регион	ρ_{2000}	ρ_{2000}	V_{LSR} , км/с	Det	CKO*, K	Ref	Dist, кпк	Ref	L_{bol}/L_{\odot}	Ref
152	G79.87+1.18	IRAS 20227+4154	20 30 28.4	+41 15 48.0	-3.1	N	0.22	[40]	1.61	[121]	6045	[78]
153	79.75+0.99		20 30 50.9	+41 02 26.0	-4.0	N	0.35	[85]	1.36	[93]	340*	[117]
154	78.983+0.349	IRAS 20293+3952	20 31 13.7	+40 03 17.0	5.5	Y	0.13	[11]	1.5	[5]	6902*	[78]
155	80.85+0.43		20 36 47.8	+41 36 30.0	-4.1	Y	0.38	[85]	1.46	[93]	17832*	[78]
156	81.877+0.784	W75N; W75N (0.22")	20 38 36.74	+42 37 59.4	8.92	Y	0.44	[11]	1.3	[5]	19073+	[69]
157	DR21-West	DR21-West	20 38 54.58	+42 19 23.5	-2.47	Y	0.09	[111]	1.5	[5]	12141**	[69]
158	81.722+0.572	DR21(OH); W75(OH)	20 39 0.62	+42 22 50.8	0.36	Y	0.55	[11]	1.5	[5]	519*	[78]
159	81.76+0.59	W75S	20 39 03.5	+42 25 53.0	-1.0	Y	1.17	[85]	1.4	[69]	723*	[78]
160	IRAS 20386+6751	L1157B1; L1157	20 39 08.0	+68 01 13.4	0.69	Y	0.15	[111]	0.37	[60]	5.5	[30]
161	85.40-0.00		20 54 13.71	+44 54 07.9	-29.5	N	0.26	[85]	5.5	[30]	21191*	[78]
162	90.90+1.50	IRAS 21074+4949	21 09 03.7	+50 01 13.0	-70.5	N	0.58	[85]	9.5	[85]		
163	G87.06-4.19	L944 SMM1	21 17 43.8	+43 18 47.0	0.06	N	0.14	[40]				
164	IRAS 21307+5049	Mol_136	21 32 30.8	+51 02 14.3	-47.9	Y	0.16	[111]	6.5	[5]	14376*	[78]
165	102.641+15.784	L1157B1; HH375	21 39 07.96	+68 01 13.4	0.69	N	0.14	[11]				
166	94.58-1.79	GL2789	21 39 53.60	+50 13 38.0	-40.9	Y	0.23	[85]	3.95	[29]	28554*	[78]
168	IRAS 21391+5802	Mol138_1; IC1396N	21 40 42.36	+58 16 09.7	-0.5	Y	0.09	[111]	0.75	[75]	94	[75]
169	98.02+1.44	IRAS 21413+5442	21 42 58.1	+54 55 46.0	-61.6	Y	0.31	[85]	8.1	[50]	154154*	[78]
170	IRAS 21426+6556	R146; NGC7129; GGD35 A35 A,B,C; GGD 32-35	21 43 49.48	+66 06 45.9	-6.4	N	0.10	[111]	0.44	[6]		
171	IRAS 22176+6303	S140; S140IRSI; LDN1204; HH 615, 617	22 19 18.33	+63 18 48.3	-8.22	Y	0.15	[111]	0.764	[47]	15766*	[96]
172	108.18+5.51	L1206	22 28 52.0	+64 13 22.0	-10.9	Y	0.26	[85]	0.8	[5]	846*	[75]
173	108.797+5.312	Mol_151	22 52 38.6	+60 00 56.0	-51.3	Y	0.33	[11]	2.47	[29]	3507**	[78]
174	109.86+2.10	CepA	22 56 18.1	+62 01 49.5	-2.5	Y	0.46	[85]	0.7	[33]	8396*	[78]
175	109.92+1.98		22 57 11.2	+61 56 03.0	-2.4	N	0.26	[85]	0.91	[117]	3000	[117]
176	108.75-0.96		22 58 40.3	+58 46 05.0	-45.7	Y	0.31	[85]	5.3	[5]	20925	[69]
177	110.479+1.479	HH377; CepE; IRAS 23011+6126	23 03 13.9	+61 42 21.0	-11.35	Y	0.13	[111]	1.21	[50]	258*	[78]
178	G109.99-0.28	IRAS 23032+5937	23 05 23.2	+59 53 53.0	-51.99	Y	0.13	[40]	3.5	[53]	122	[53]
179	110.093-0.065	IRAS 23033+5951	23 05 25.7	+60 08 07.9	-54.1	Y	0.19	[11]	5.6	[75]	19713*	[78]
180	NGC7538 IR	NGC7538S158	23 13 45.43	+61 28 09.7	-57.35	Y	0.89	[111]	2.65	[76]	152721*	[78]
181	G111.53+0.76	NGC7538 IRAS1	23 13 44.7	+61 26 54.0	-56.91	Y	0.43	[40]	2.7	[69]	3910	[69]
182	111.24-0.76	IRAS 23139+5939	23 16 05.40	+59 55 22.0	-38.5	Y	0.42	[85]	3.34	[29]	9210*	[78]
183	111.236-1.238	IRAS 23151+5912	23 17 21.0	+59 28 49.0	-52.3	Y	0.14	[11]	3.33	[29]	23994*	[78]
184	114.513-0.535	Mol_160	23 40 43.8	+61 10 30.8	-52.0	N	0.15	[11]	4.83	[114]	30000	[114]

Таблица 2(II). Параметры метанольных мазеров (см. разворот)

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S, YH ; S_{int}, YH км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , YH км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8
5 ₁ -6 ₀ A ⁺ 6.7 ГГц						7 ₀ -6 ₁ A ⁺ 44 ГГц				
2						CB3	-38.52 -35.23 -32.08	18.09 6.61 6.26	[9]	488.5 178.5 169.0
3	121.28+0.65	-22.4	14 7.6	[85] [102]	4.5					
4	00338+6312	-23.03	21 6.4	[38] *	3.8	IRAS 00338+6312	-17.58	3.82	[9]	15.1
5						00420+5530	-48.8	1.7*	[38]	36.6
6	123.06-6.31	-29.1	24 -	[123] -						
7						W3(3)	-38.4	10	[8]	182.9
9	136.84+1.12	-45.1	21 11.1	[85] [102]	69.1					
10										
11						158.395-20.575	6.65	3.28	[11]	1.8
13	174.19-0.09	2.1	94 56.8	[85] [102]	127.4					
15	173.49+2.42	-13.6	256 198.6	[85] [102]	727.0	05358+3543_2 05358+3543_3	-18.0 -16.6	2.65 14.91	[90]	64.1 360.6
16										
17	173.71+2.35	-14.0	5 -	[85] -						
18										
19						S235_1 S235_2 S235_3 S235_4 S235_5 S235_6	-16.6 -21 -17.1 17.1 -16.2 -15.9	45.6 0.29 0.51 0.41 3.41 0.82	[60]	507.5 3.2 5.7 4.6 38.0 9.1
20	173.69+2.87	-24.1	7.5 3.0	[85] [102]	568.6					
21	203.05-14.5	-1.0	1.5 -	[85] -						
22										
24										
25	183.34+0.59	-4.8	18 19.3	[85] [102]	58.9					
26	05480+2545	-4.89	17 6.2	[38] *	18.9	183.348-0.577	-9.79	3.3	[11]	66.6
27	189.78+0.34	6.0	15 -	[85] -						
28	189.03+0.76	9.2	19 11.7	[85] [102]	3.6					
29	06056+2131	8.8	12.7 4.1	[38] *	1.3					
30	188.95+0.89	11.0	495 461.5	[85] [102]	989.2					
31	188.79+1.02	-5.5	4.8 3.6	[85] [102]	10.0					

ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ ПРОЯВЛЕНИЯ МЕТАНОЛЬНЫХ МАЗЕРОВ

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Trans.
8 _{0-7₁A⁺ 95 ГГц}						Другие мазеры CH ₃ OH					
2	G119.80–6.03	-38.55 -35.66 -31.95	19.62 16.7 9.23	[40]	1144.2 973.9 538.3						
3											
4	G121.30+0.66	-17.8 -17.56	7.49 1.45	[40]	63.8 12.4						
5	G122.01–7.07	-51.10 -48.50	1.58 1.91	[40]	73.5 88.8						
6	G123.07–6.31	-30.73 -40.31	34.00 11.27	[40]	2670.2 885.1						
7	BGPS7364(W3(3))	-38.11	9.1	[124]	359.5						
9											
10	G138.30+1.56	-33.98 -36.67 -38.05	1.5 2.65 1.91	[40]	196.3 346.8 249.9						
11	G158.40–20.57	7.18 6.81	2.19 15.2	[40]	2.6 18.4	NGC 1333IRAS4A	6.95		[56]		5 ₋₁ –4 _{0E}
13											
15	S231	-16.7		[58]		S231_1 S231_2 S231_3 S231_4 S231_5 S231_6	-17.87 -16.75 -15.99 -15.54 -16.53 -19.72		[46]		4 ₋₁ –3 _{0E}
16	G173.58+2.44	-16.79	3.68	[40]	192.3	G173.59+02.44	-31.6	6.8	[13]	45.5	2 ₀ –3 _{-1E}
17											
18	G183.72–3.66	2.64	3.47	[40]	86.6						
19	S235	-16.4		[58]							
20											
21	G206.54–16.36	9.64 10.31 10.86	3.83 1.68 3.24	[40]	7.2 3.2 6.1	NGC 2024	9.9	1.7	[111]	0.2	4 ₋₁ –3 _{0E}
22	G206.57–16.36	11.77 10.26 7.16	1.54 4.61 1.69	[40]	2.9 6.7 3.2						
24	G205.11–14.11	8.43 10.22	5.26 7.10	[40]	13.0 17.5	NGC 2071	14.5 14.9 15.9 16.5	8.0 6.1 5.4 2.9	[66]	1.4 1.1 0.9 5.1	4 ₋₁ –3 _{0E}
25											
26	05480+2545	-10.6	3.1	[124]	135.0						
27											
28											
29	BGPS7465	2.09	4.8	[124]	21.3	G188.9 G188.946+0.886	2.8 10.9	4.9 150	[111] [16]	1.5 85.1	4 ₋₁ –3 _{0E} 2 ₀ –3 _{-1E}
30	G188.95+0.89	2.27 3.89	11.08 11.93	[40]	339.0 365.0	S252=G188.9+0.9 06058+2138 G188.946+0.886	10.6 10.9 10.65		[109] [13] [35]		3 ₁ –4 _{0A⁺} 2 ₀ –3 _{-1E} 7 ₋₇ –8 _{-1E}
31											

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S , Ян; S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8
5 ₁ -6 ₀ A ⁺ 6.7 ГГц						7 ₀ -6 ₁ A ⁺ 44 ГГц				
32	192.60-0.05	5.0	72 48.8	[85] [102]	107.0	S255_1 S255_2 S255_3 S255_4 S255_5 S255_6 S255_7	11.2 9.5 10.2 8.9 9.5 7.2 7.2	105.51 0.92 47.36 0.57 1.72 0.38 0.47	[60]	1528.8 13.3 686.2 8.3 24.9 5.5 6.8
33						194.934+1.227	16.4	2.7	[11]	132.8
34	196.45-1.68	15	61 37.9	[85] [102]	736.7					
35										
36	202.92+1.47	8.0	0.07	[85] -						
37						NGC2264	7.24 7.52	63 44	[44]	103.7 72.4
38	31.16+0.06	40.8	2.9 1.8	[85] [102]	177.2					
40	31.58+0.08	98.8	3.1 4.6	[103] [103]	95.9					
42	32.05+0.06 51-60A+	93.2	141 195.7	[103] [103]	10440.0					
43	32.74-0.08	39	47.0 70.8	[85] [102]	6592.5					
45	33.10-0.06	104.2	24.4 35.4	[103] [103]	1641.4					
47	33.13-0.09	73.1	16.3 19.6	[103] [103]	423.8					
48	33.39+0.03	105	31.0 19.6	[103] [103]	555.5					
51	33.86+0.01	64	3.0 3.6	[103] [103]	43.9					
52										
53	34.25+0.16	57.8	32.4 25.8	[103] [103]	79.5	G34.26+0.15_1 G34.26+0.15_2 G34.26+0.15_3 G34.26+0.15_4 G34.26+0.15_5 G34.26+0.15_6 G34.26+0.15_7	57.8 57.5 60.5 64 59.5 56.3 58	1.72 3.08 0.67 0.35 0.21 9.9 7.43	[60]	35.0 62.7 13.6 7.1 4.3 201.6 151.3
54	34.40+0.23	55.8	27 -	[123] -						
55	34.40+0.21	55.7	19.5 18.9	[103] [103]	31.8					
56	34.24+0.13	55.4	20.8 15.1	[103] [103]	46.5					
58	33.74-0.15	53.6	1.4 1.1	[103] [103]	9.9					
59	33.64-0.21	60.3	108.7 154.6	[103] [103]	5393.0					
60	34.10+0.01	55.9	4.8 5.5	[103] [103]	47.4					
61	34.82+0.35	59.7	0.24 0.1	[83] [83]	0.9	W44	56.4	20	[111]	1252.1
62	33.68-0.26	62.6	68.0 109.1	[85] [102]	1269.1					
63	35.02+0.35	44.2	38.9 33.8	[103] [103]	125.9					

ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ С МЕТАНОЛЬНЫМИ МАЗЕРАМИ

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Trans.
	8 ₀ -7 ₁ A ⁺ 95 ГГц					Другие мазеры CH ₃ OH					
32	G192.60-0.05	4.98	1.69	[40]	52.9	S255	9.96		[46]		4 ₋₁ -3 ₀ E
		7.29	6.5		203.4	G192.600-0.048	3.6	0.2	[16]	0.8	2 ₀ -3 ₋₁ E
		11.33	2.75			192.600-0.048	4.2		[25]		3 ₁ -4 ₀ A ⁺
		9.62	0.71								
33											
34						S269	15.2		[72]		2 ₀ -3 ₋₁ E
35	G207.27-1.81	12.09	2.54	[40]	25.1						
		14.10	1.48		14.6						
		17.27	1.37		13.5						
36											
37	NGC2264	7.24	130	[55]	462.2	NGC2264	7.54		[98]		6 ₋₁ -5 ₀ E
						NGC 2264(IRS1)	7.1 7.4	4.3 2.4	[66]	1.1 0.6	4 ₋₁ -3 ₀ E
38											
40											
42	BGPS4916	95.19 98.29	27.4 6.0	[124]	20859.9 4567.9	G32.045+0.059	98.5	16.4	[15]	1597.8	2 ₀ -3 ₋₁ E
43	BGPS5041	36.00 38.68 41.03	6.7 10.4 4.1	[124]	8903.5 13820.4 5448.4	G32.744-0.075	30.5	8.2	[15]	1394.5	2 ₀ -3 ₋₁ E
45											
47						G33.133-0.092	73.3	0.1	[15]	3.9	2 ₀ -3 ₋₁ E
48											
51											
52	G34.28+0.18	54.84	3.4	[27]	409.0						
		55.75	11.4		1371.3						
		56.48	8.2		986.4						
		57.16	1.7		204.5						
53	G34.26+0.15	58.89	1.2	[27]	52.8						
		59.4	4.3		189.1						
		60.31	9.8		430.9						
		60.96	8.2		360.5						
		61.61	2.1		92.3						
54	G34.41+0.24	55.89	3.9	[27]	93.7						
		57.78	13.1		314.8						
		59.49	1.8		43.3						
55	G34.39+0.22	57.15	6.5	[27]	156.2						
		58.28	1.9		45.7						
		60.00	3.5		84.1						
56						34.24+0.13	61.2 55.4		[24]		2 ₀ -3 ₋₁ E
58											
59						G33.64-0.21	58.6	21.7	[13]	1382.5	2 ₀ -3 ₋₁ E
60											
61											
62											
63											

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S , Ян; S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	
		$5_1-6_0A^+$ 6.7 ГГц					$7_0-6_1A^+$ 44 ГГц				
64	37.40+1.52	41.1	279 161.5	[85] [102]	395.0						
65	18517+0437	39.64	1.33 1.4	[38] [38]	3.4	18517+0437_1 18517+0437_2	44.0 43.4	0.73 2.70	[90]	11.8 43.6	
		41.18	248 138.1	[38] [38]	337.8						
		42.75	1.88 1.56	[38] [38]	3.8						
		45.34	1.81 3.2	[38] [38]	7.8						
		45.91	6.74 1.67	[38] [38]	4.1						
		48.22	1.62 0.69	[38] [38]	1.7						
		51.26	4.38 2.35	[38] [38]	5.7						
66	34.74-0.09	52.9	9.7 9.0	[103] [103]	72.0						
67	36.11+0.55	73.0	43.3 58.4	[103] [103]	1118.1	Mol_77_1	75.7	0.24	[60]	30.4	
68						18556+0136	34.20	81.0	[111]	10248.6	
69						Mol_82	90.3	0.44	[111]	6.0	
70											
71						Mol_75	56.7	0.26	[111]	5.3	
72	35.79-0.17	60.8	24.5 38.1	[103] [103]	105.5						
73											
74	36.70+0.09	53.3	8.6 9.7	[103] [103]	96.9						
75	35.20-0.74	28.0	125.0 91.8	[85] [102]	304.7	G35.20-0.74	34.2	81	[8]	1776.6	
76	37.60+0.42	85.8	24.3 28.3	[103] [103]	777.3						
77	37.02-0.03	78.8	7.3 7.1	[103] [103]	127.8						
78						Mol_77	75.7	0.24	[111]	50.3	
79	37.55+0.19	83.6	8.1 12.0	[103] [103]	425.7						
80	34.78-1.38	46.9	31.0 67.2	[85] [102]	438.3						
81	37.47-0.11	58.4	— 30.8	— [103]	647.1						
82	37.53-0.11	50.0	5.8 8.8	[103] [103]	613.8						
83	39.10+0.48	15.3	15.3 23.3	[103] [103]	2283.3	39.10+0.491	26.14	7.26	[11]	4701.5	
84	38.20-0.08	79.8	8.4 12.0	[103] [103]	372.8						
85	38.26-0.08	15.4	7.9 —	[103] —							
86	38.12-0.24	70.0	4.2 7.3	[103] [103]	255.7						
87	38.03-0.30	55.7	18.6 21.6	[103] [103]	227.3						

ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ С МЕТАНОЛЬНЫМИ МАЗЕРАМИ

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Trans.
	$8_0-7_1A^+ 95$ ГГц					Другие мазеры CH ₃ OH					
64											
65						18517+0437	41.0	18.0	[13]	80.4	$2_0-3_{-1}E$
66											
67											
68						G36.115+0.552	74.6	2.4	[15]	19.9	$2_0-3_{-1}E$
69	IRAS 18537+0749	30.0 31.5 32.3 33.3	10.0 25.6 14.2 29.4	[110]	292.2 74.8 414.9 859.0						
70	G35.04-0.47	50.81 51.54 52.77 53.74	0.5* 1.9* 1.1* 0.6*	[27]	51.5 195.8 113.3 61.8						
71	35.05-0.52	49.9	12.0	[110]	527.6	G35.05-0.5	49.9	2.5	[66]	7.7	$4_{-1-3_0}E$
72	G35.79-0.17	59.92 90.87 62.16 64.65	0.5* 1.3* 3.2* 0.8*	[27]	19.8 51.4 126.4 31.6	G35 793-0.175	60.9	0.6	[15]	3.0	$2_0-3_{-1}E$
73	G35.13-0.74	33.41 34.39 35.00 35.64 36.59	2.9* 4.3* 2.0* 5.4* 3.8*	[27]	151.5 224.6 104.4 282.1 198.5	G35.132-0.744	31.2	1.4	[15]	9.4	$2_0-3_{-1}E$
74											
75	G35.20-0.74	34.52	25.05	[40]	1185.5	18556+0136	30.5	39.2	[13]	237.6	$2_0-3_{-1}E$
76											
77											
78											
79	G37.55+0.20	85.65	9.22	[40]	4668.0						
80											
81											
82						18577+0358	61.8	5.6	[13]	713.4	$2_0-3_{-1}E$
83											
84											
85											
86											
87											

Продолжение табл. 2(П) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S , Ян; S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8
	5 ₁ -6 ₀ A ⁺ 6.7 ГГц					7 ₀ -6 ₁ A ⁺ 44 ГГц				
88	40.41+0.70	15.6	18.0 3.9	[85] [102]	373.2					
89	38.92-0.36	31.9	1.26 1.29	[83] [83]	12.2					
90	39.39-0.14	60.4	1.14 0.77	[83] [83]	10.8					
91	40.28-0.22	73.9	24.47 68.03	[83] [83]	1322.4					
92						19043+0726	59.69 59.89	2.4* 1.0*	[38]	189.0 78.8
93	41.10-0.22	63.4	3.7 1.7	[85] [102]	22.4					
94	41.21-0.19	57.1	3.2 3.4	[85] [102]	37.1					
95	42.07+0.24	12.5	12.0 -	[85] -						
96	41.34-0.14	11.7	17.8 25.4	[83] [83]	2288.3					
97										
98	43.15+0.02	13.0	26.0 87.1	[85] [102]	7439.6					
99	43.16+0.02	9.3	27.77 50.54	[83] [83]	4316.9	W49N	15.57	9	[44]	5080.2
100						Mol_98	58.0	1.62	[111]	
101						19088+0902	58.67	4.7*	[38]	1351.6
102	43.02-0.44	54.8	10.0 7.2	[85] [102]	10.0					
103	43.04-0.46	54.8	7.19 10.39	[83] [83]	144.3	Mol_98 (1) Mol_98 (2) Mol_98 (3)	58.0 57.3 56.2	1.62 0.51 0.25	[60]	148.7 46.8 22.9
105	45.07+0.13	57.8	48.27 22.26	[83] [83]	925.2	G45.07+0.13_1	59.3	1.89	[60]	519.1
106	45.49+0.13	57.2	8.77 4.98	[83] [83]	65.8					
107	45.44+0.07	50.0	1.9 8.0	[85] [102]	390.6					
108	43.87-0.77	47.4	34.0 25.5	[85] [102]	1203.9					
109	45.81-0.36	59.9	11.31 8.41	[83] [83]	120.0					
110	49.38+0.33	-12.4	13.0 34.3	[85] [102]	4073.3					
111	50.00+0.59	-5.0	6.5 6.6	[85] [102]	0.07					
112	50.29+0.69	29.9	2.8 4.9	[85] [102]	15.0					
113										
115	49.55-0.25	62.8	29.0 75.9	[85] [102]	2219.1					
116						W75N_1 W75N_2 W75N_3 W75N_5 W75N_6	60 61.5 55 64.2 66.6	3.45 0.58 0.56 0.42 0.61	[60]	415.2 69.8 67.4 50.5 73.4
117	49.47-0.37	63.8	7.01 17.35	[83] [83]	325.9	W51_Met5	66.72	14	[44]	1737.9
118	49.49-0.39	59.3	738.4 574.7	[83] [83]	10795.0	W51E_1 W51E_2 W51E_3 W51E_4 W51E_5 W51E_6 W51E_7 W51E_8 W51E_9	59.5 56.5 51.7 48.5 56.7 59.3 56.2 58.0 60.6	0.84 1.02 1.18 6.04 0.37 0.65 2.87 0.63 1.11	[60]	104.3 126.6 146.5 749.8 45.9 80.7 356.3 78.2 137.8

ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ С МЕТАНОЛЬНЫМИ МАЗЕРАМИ

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Trans.
	8 σ -7 $_{1A}^+$ 95 ГГц					Другие мазеры CH ₃ OH					
88											
89											
90	G39.39-0.14	65.97 66.42	0.7* 1.1*	[27]	140.0 220.0						
91	G40.28-0.22	72.7 75.27	30* 14.7*	[27]	8322.3 4077.9						
92	BGPS6069	58.35 59.83	3.6 1.3	[124]	612.3 221.1						
93											
94											
95											
96						G41.348-0.136	8.4	0.8	[15]	131.6	2 $_0$ -3 $_{-1}E$
97	G40.60-0.72	62.98 64.21	1.4* 9.0*	[27]	293.8 1888.9						
98						G43.15+0.02	13.6	3.8	[13]	592.8	2 $_0$ -3 $_{-1}E$
99											
100											
101											
102											
103	G043.039-00.455	58.19	1.0	[124]	198.2						
105	G45.07+0.13	59.29	0.87	[40]	516.1						
106											
107											
108						19120+0917	51.8	4.6	[13]	396.6	2 $_0$ -3 $_{-1}E$
109	BGPS6202	59.82 61.11	2.8 1.6	[124]	570.0 325.7	G45.804-0.356	60.0	0.7	[15]	18.2	2 $_0$ -3 $_{-1}E$
110											
111											
112											
113	G49.07-0.33	61.43 69.5	1.7* 1.2*	[27]	511.6 361.1						
115											
116						G49.49-0.37	56.2	7.1	[13]	236.1	2 $_0$ -3 $_{-1}E$
117						W51-MM5	66.5 67.2	1.1 0.6	[66]	20.7 11.3	4 $_{-1}$ -3 $_0E$
118	W51e1/e2	55.67	300	[55]	80420.8	G49.490-0.388 W51e1/e2	56.1 56.5 53.7 54.0 52.9 64.0	2.5 1.8 2.1 1.3 1.6 1.2	[15] [66]	85.8 33.8 39.4 24.4 30.1 22.5	2 $_0$ -3 $_{-1}E$ 4 $_{-1}$ -3 $_0E$

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S , Ян; S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8
	$5_1-6_0A^+$ 6.7 ГГц					$7_0-6_1A^+$ 44 ГГц				
118						W51E_10	53.2	8.88		1102.3
						W51E_11	56.5	0.55		68.3
						W51E_12	49.2	93.03		11548.0
						W51E_13	57.0	1.86		230.9
						W51E_14	54	1.73		214.7
						W51E_15	57.6	1.23		152.7
						W51E_16	56.2	0.42		52.1
						W51E_17	54.8	0.42		52.1
						W51E_18	54.0	1.79		222.2
						W51E_19	55.7	4.43		549.9
						W51E_20	55.2	1.37		170.1
119	49.48–0.40	51.4	8.06 14.9	[83] [83]	279.9	W51–Met1	56.0	16	[44]	1986.1
						W51–Met2	52.37	6		744.8
							54.04	15		1862.0
							56.67	21		2606.8
						W51–Met3	53.95	19		2358.5
							56.63	10		1241.3
120	49.57–0.38	59.3	482.0 428.7	[85] [102]	8052.6					
122										
123	49.66–0.45	59.6	10.0 –	[85] –						
124	49.03–1.06	35.5	21.0 22.0	[85] [102]	142.6					
125										
126	53.01+0.12	10	3.3 1.3	[85] [102]	90.0					
127	53.04+0.11	10.1	1.6 0.69	[83] [83]	47.7	53.032+0.117	6.1	5.6	[11]	2560.9
128	53.14+0.07	24.6	1.02 0.54	[83] [83]	1.3					
129	53.62+0.02	18.7	6.3 3.0	[85] [102]	124.7					
130	52.66–1.09	65.0	10.0 –	[85] –	51.3					
131	58.75+0.65	34	2.8 4.8	[85] [102]	64.3					
132	59.84+0.66	38.4	13.1 –	[85] –		19388+2357	35.4	1.8*	[38]	152.2
133										
134	59.78+00.06	25.0	42.0 –	[123] –		59.784+0.064	22.9	13.96	[68]	297.9
135	60.56–0.17	3.6	4.0 1.2	[85] [102]	46.7					
137	70.12+1.72	–26.5	9.8 4.9	[85] [102]	166.1					
139						IRAS20050+2720MM 1	2.4	6.3*	[9]	34.9
140	73.04+1.80	–2.5	10.0 6.3	[85] [102]	8.5					
141	20062+3550	5.9	1.6	[38] *	2.2	73.062+.797	0.6	2.5	[11]	22.4
144	69.52–0.97	15.1	109.0 44.8	[85] [102]	171.2					
145	71.51–0.38	10.7	5.3 3.2	[85] [102]	4.34					
146	78.10+3.64	–6.1	38.0 18.3	[85] [102]	34.1	20126+4104_1	–2.3	1.82	[60]	22.4
						20126+4104_2	–2.3	1.91		23.5
						20126+4104_3	–3.2	0.46		5.7
						20126+4104_4	–3.5	2.62		32.2
						20126+4104_5	–4.5	1.03		12.7

ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ С МЕТАНОЛЬНЫМИ МАЗЕРАМИ

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Trans.
		8 _v -7 _{1A} ⁺ 95 ГГц					Другие мазеры CH ₃ OH				
119	W51Met2	54.2 56.7		[110]							
120											
122	G51.68+0.72	2.66 -0.23 4.66 5.59 7.55	4.04 1.24 0.66 0.73 1.56	[40]	4398.8 1350.1 718.6 794.8 1698.5						
123											
124											
125	G54.45+1.01	36.9 39.13	2.0* 1.2*	[27]	15.0 9.0						
126											
127	G53.03+0.12	5.05 6.71 8.51	3.62 0.59 0.82	[40]	35.8 582.7 809.8						
128	G053.142+00.068	19.51 22.19	2.2 8.4	[124]	78.4 299.5						
129											
130						19303+1651	65.4	1.5	[13]	51.3	2 ₀ -3 ₋₁ E
131											
132											
133	G59.79+0.63	27.62 30.89	1.7* 11.3*	[27]	310.4 2063.4						
134						G59.78+0.06	26.9		[72]		2 ₀ -3 ₋₁ E
135											
137											
139	G65.78-2.61	6.32	3.29	[40]	39.3						
140											
141											
144											
145											
146	G78.12+3.63	-4.61 -3.29 -3.01	2.23 2.36 18.69	[40]	59.2 62.7 49.6	IRAS 20126+4104	-6.2		[72]		2 ₀ -3 ₋₁ E

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S , Ян; S_{mb} Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{mb} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8
	$5_1-6_0A^+$ 6.7 ГГц					$7_0-6_1A^+$ 44 ГГц				
147						20188+3928	3.0	2.4	[38]	24.7
148	75.76+0.34	-2.9	39.0 39.4	[85] [102]	335.9					
149	75.78+0.34	-2.71	50.0 44.2	[105] [105]	376.8	ON-2_1 ON-2_2 ON-2_3 ON-2_4	0.5 3.8 3.1 0.5	1.17 4.13 3.85 0.63	[60]	65.9 232.7 216.9 35.5
150										
151	78.62+0.98	-39.0	3.0 -	[85] -						
152										
153	79.75+0.99	-4.0	21.2 -	[85] -						
154						20293+3952_2 20293+3952_3	6.9 4.8	6.58 8.06	[90]	67.7 82.9
155	80.85+0.43	-4.1	4.3 2.2	[85] [102]	3.2					
156	81.87+0.78	6.0	1080 -	[85] -		W75N_1 W75N_2 W75N_3 W75N_4 W75N_5 W75N_6	10.2 9.6 8.7 8.1 8.9 6.7	1.71 0.45 0.37 0.8 15.79 1.84	[60]	13.2 3.5 2.9 6.2 122.0 14.2
157						DR21-West	-2.47 -1.95 -1.5	99 26 5.8	[44]	1018.7 267.5 59.7
158	81.72+0.57	0.0	13.0 -	[85] -		DR21(OH)_1 DR21(OH)_2 DR21(OH)_3 DR21(OH)_4 DR21(OH)_5 DR21(OH)_6 DR21(OH)_7 DR21(OH)_8 DR21(OH)_9 DR21(OH)_10 DR21(OH)_11 DR21(OH)_12 DR21(OH)_13 DR21(OH)_14 DR21(OH)_15 DR21(OH)_16 DR21(OH)_17	0.5 -1.3 -1.0 -0.7 -10.7 0.1 -1.7 -0.2 1.5 -3.0 -3.3 -4.8 -6.7 -4.5 -3.7 -5.3 -5.5	133.9 5.26 0.45 6.46 0.52 11.68 9.16 30.23 2.22 0.68 0.96 5.53 2.71 10.29 3.99 2.59 10.35	[60]	1377.8 54.1 4.6 66.4 5.4 120.2 64.3 311.1 22.8 7.0 9.9 56.9 27.9 105.9 41.05 26.6 106.5
159	81.76+0.59	-1.0	39.0 -	[85] -		W75S(3)	-5.22 -3.46 0.25	22 31 18	[8]	197.2 277.9 161.3
160						L1157B1	0.69	12.3	[111]	7.7
161	85.40-0.00	-29.5	42.0 -	[85] -						
162	90.90+1.50	-70.5	27.0 17.3	[85] [102]	1080.4					
163										
164						Mol_136	-47.9	0.94	[111]	182.6
165						L1157B1	0.69	12.3	[56]	
166	94.58-1.79	-40.9	7.0 10.5	[85] [102]	113.4					
168						Mol_138_1 Mol_138_2 Mol_138_3 IC1396N	-0.8 0.0 6.5 -0.5	6.21 0.43 6.46 9	[60] [111]	16.0 1.1 16.6 23.2

ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ С МЕТАНОЛЬНЫМИ МАЗЕРАМИ

Продолжение табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Trans.
8 ₀ -7 ₁ A ⁺ 95 ГГц						Другие мазеры CH ₃ OH					
147	G77.46+1.76	-2.87 -0.72 1.72	1.53 2.17 6.84	[40]	34.0 48.2 152.0						
148											
149	G75.78+0.34	3.50 0.58 -1.10	5.98 4.91 3.82	[40]	727.6 597.4 464.8						
150	G79.88+2.55	4.84	14.82	[40]	324.9						
151											
152	G79.87+1.18	-3.12 -4.09 -6.79	11.24 2.42 1.38	[40]	287.7 61.9 35.3						
153						20290+4052	-5.7	3.2	[13]	7.5	2 ₀ -3 ₁ E
154	G78.97+0.36	6.59 4.98	5.66 4.46	[40]	146.4 110.7						
155											
156	G81.88+0.78	8.87 8.52	5.99 54.25	[40]	100.0 905.4	W75N	10.1		[46]		4 ₁ -3 ₀ E
						W75N	6.8		[72]		2 ₀ -3 ₁ E
157	DR21W	-2.17	75.8	[124]	1684.3	DR21-W	-2.47		[98]		6 ₁ -5 ₀ E
						DR21-MM	-2.73	13.0	[66]	20.2	4 ₁ -3 ₀ E
158	DR21(OH)-1	0.32	122.8*	[88]	2728.7 537.7 300.0 108.9	DR21(OH)	0.28		[98]		6 ₁ -5 ₀ E 4 ₁ -3 ₀ E
	DR21(OH)-2	0.07	24.2*								
	DR21(OH)-3	-5.3	13.5*								
	DR21(OH)-4	-6.7	4.9*								
159											
160	L1157 B1	-0.18		[56]							
161											
162											
163	G87.06-4.19	0.06 4.6 2.12	2.39 3.8 1.8	[40]							
164											
165											
166											
168	G99.98+4.17	0.0 -0.84	1.32 5.75	[40]	7.3 31.9						

Окончание табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S , Ян; S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{ms} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	
		$5_1-6_0A^*$ 6.7 ГГц					$7_0-6_1A^*$ 44 ГГц				
169	98.02+1.44	-61.6	3.3 1.5	[85] [102]	68.1						
170						R146	-6.4	16	[111]	14.2	
171						S140	-8.22	12	[44]	32.0	
172	22272+6258	-11.01	53.1 20.7	[38] *	9.2						
173	22506+5944	-53.88	1.72 0.8	[38] *	3.4	108.596+0.493	-51.3	3	[11]	83.7	
174	109.86+2.10	-2.5	815.0 812.5	[85] [102]	275.5						
175	109.92+1.98	-2.4	43.0 -	[85] -							
176	108.75-0.96	-45.7	2.8 1.3	[85] [102]	25.3						
177						IRAS 23011+6126	-13.19 -11.34	0.9*3.4*	[9]	6.022.8	
178											
179						23033+5951_1	-54.4	1.16	[90]	166.4	
180	111.53+0.76	-56.2	296.0 475.3	[85] [102]	2309.8	NGC7538_1 NGC7538_2 NGC7538_3 NGC7538_4	-59.2 -56.6 -57.2 -57.2	1.00 2.47 1.33 9.30	[60]	32.1 79.3 42.7 298.7	
181	NGC7538 F	-53.2	-	[86]		NGC7538S	-55.6	63	[44]	2100.3	
182	111.24-0.76	-38.5	4.0 6.5	[85] [102]	50.2						
183						23151+5912_1 23151+5912_2	-54.7 -52.7	0.84 2.18	[90]	42.6 110.5	
184						Mol_160	-52.0	0.55	[111]	58.7	

ОБЗОР ОБЛАСТЕЙ С МЕТАНОЛЬНЫМИ МАЗЕРАМИ

Окончание табл. 2(II) — разворот

ID	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Имя мазера	V_{LSR} , км/с	S_{int} , Ян км/с	Ref	L_{mas}/L_{\odot} , 10^8	Trans.
		8 ₀ -7 ₁ A ⁺ 95 ГГц				Другие мазеры CH ₃ OH					
169											
170											
171	S140	-8.22	81	[55]	466.9						
172											
173	G108.59+0.49	-51.11 -49.63 -51.9 -46.45	7.32 0.59 2.99 3.23	[40]	441.0 35.5 180.2 194.6						
174						Maser A Maser B	-1.74 -3.8		[70]		3 ₁ -4 ₀ A ⁺
						22543+6139	-4.2	29.9	[13]	18.5	2 ₀ -3 ₁ E
175											
176											
177	G110.48+1.48	-11.09 -9.46 -13.82 -17.17 -18.53	4.21 3.13 4.81 0.98 2.74	[40]	60.9 45.3 70.0 14.2 39.6						
178	G109.99-0.28	-50.55 -54.13 -52.72	1.36 1.01 2.41	[40]	164.5 122.2 291.6						
179	G110.09-0.07	-54.14 -54.55	6.15 2.72	[40]	1904.7 842.4						
180	G111.54+0.78	-57.39	18.88	[40]	1309.4	NGC7538	-61.32 -60.86 -56.33	11.5* 10.3* 187.2*	[26]	102.1 91.4 1661.4	2 ₀ -3 ₁ E
						NGC7538-IRS1	-55.8 -59.0		[113]		9 ₂ -10 ₁ A ⁺
						NGC 7538	-57.2 -57.7 -54.3 -56.7 -51.5	1.7 1.4 2.2 1.5 0.7	[66]	8.3 6.8 10.7 7.3 3.4	4 ₁ -3 ₀ E
181	G111.53+0.76	-56.91 -53.67 -50.16 -54.77 -57.55	9.79 18.89 6.60 32.43 22.11	[40]	704.8 1360.0 475.2 2334.8 1591.8						
182	BGPS7208	-46.71 -44.73	3.0 7.5	[124]	330.5 826.3						
183	G111.24-1.24	-52.74 -55.64	2.58 0.66	[40]	282.5 72.2						
184											