

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИЗ НАБЛЮДЕНИЙ МАЗЕРА ОН В ОБЛАСТИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ G10.624–0.385

© 2023 г. Н. Т. Ашимбаева¹, Е. Е. Лехт^{1,*}, В. В. Краснов², А. М. Толмачев³

¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

² Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия

³ Пушчинская радиоастрономическая обсерватория,

Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Пушино, Россия

*E-mail: lekht@sai.msu.ru

Поступила в редакцию 30.04.2023 г.

После доработки 04.05.2023 г.

Принята к публикации 18.05.2023 г.

Представлены результаты исследования переменности мазерного излучения в линиях ОН в диапазоне 18 см в области звездообразования G10.624–0.385 из данных мониторинга, выполненного на Большом радиотелескопе в Нансэ (Франция) в 2008–2023 гг. Получено, что для зеемановской пары в линии 1667 МГц расщепление (около 1.96 км/с) и, следовательно, величина продольного магнитного поля являются стабильными на протяжении более 25 лет. В сателлитных линиях 1612 и 1720 МГц наблюдаются широкополосное поглощение и излучение соответственно. Зеркальные профили сателлитных линий ОН 1612 и 1720 МГц указывают на накачку уровней соответствующих переходов ИК-излучением источника, погруженного в замагниченное молекулярное облако вокруг мазера ОН. Проведено пространственное отождествление деталей в обеих главных линиях. Получено, что поперечное магнитное поле направлено, в основном, вдоль дуги, которая состоит из отдельных мазерных конденсаций.

Ключевые слова: звездообразование, мазеры ОН, молекулярные облака и биполярные потоки, поляризация, магнитное поле, G10.624–0.385

DOI: 10.31857/S0004629923070010, EDN: FKWOBD

1. ВВЕДЕНИЕ

Сложный молекулярный комплекс W31 является областью активного звездообразования. Согласно наблюдениям Госса и Шавера [1] на 5 ГГц в W31 можно выделить три изолированные области радиоизлучения в континууме: G 10.2–0.3, G 10.3–0.1 и G 10.6–0.4. В направлении каждой из этих областей Рейфенштейн и др. [2] обнаружили излучение в рекомбинационной радиолнии водорода H109 α на лучевых скоростях 13.9, 9.7 и 0.3 км/с соответственно, а Райт и др. [3] обнаружили также ИК-излучение на 69 мкм.

Хашик [4] и Хоу и др. [5] показали, что G 10.6–0.4 имеет сложную структуру. Для удобства анализа при сопоставлении наших результатов с результатами наблюдений других авторов мы будем в настоящей работе именовать эту область как G 10.624–0.385. В этой области насчитывается восемь компонентов, размер которых меньше 0.15 пк, а массы газа в них составляют от 0.3 до 1.08 M_{\odot} . Такая мультиплетная структура объясняется существованием скопления молодых фор-

мирующихся звезд ОВ-класса и связанных с ними сверхкомпактными областями H II. В центре G 10.624–0.385 находится источник ИК-излучения IRS7 [3].

Определение расстояния до W31 осуществлялось различными методами. Метод, основанный на результатах миллиметровых и ИК-спектроскопических наблюдениях, дал расстояние около 4.5 кпк [6]. Принято считать, что наиболее точное расстояние было определено методом тригонометрического параллакса и согласно Санна и др. [7] оно составляет $4.95^{+0.51}_{-0.43}$ кпк от Солнца.

На основании анализа скоростей излучения в рекомбинационных линиях [8] и в молекулярных линиях от нейтрального газа было обнаружено движение газа внутри области G 10.624–0.385 в направлении скопления звезд. Это свидетельствует о существовании аккреции вещества. Наблюдения излучения в линии NH₃ показывают, что молекулярное вещество вращается и падает внутрь области ~ 0.05 пк с быстрым вращением по спирали [9, 10]. Плоскость вращения проходит

через центр области Н II и имеет ориентацию приблизительно 20° к северо-западу.

В качестве модели принимается следующая структура. Внутри медленно вращающейся оболочки с градиентом лучевой скорости 1 (км/с)/пк находится ядро. Согласно Хоу и др. [5] внутри ядра расположено скопление формирующихся массивных ОВ-звезд. Фрагменты ядра, имеющие красное смещение 5 км/с относительно его центроида, могут быть участками, которые коллапсируют в направлении ОВ-звезд.

В направлении области G 10.624–0.385 Даунс [11] в 1970 г. обнаружил мазерное излучение ОН, а Тернер и Рубин [12] в 1971 г. открыли мазерное излучение H_2O . Согласно данным Форстера и Касуэла [13] и Аргон и др. [14], мазер водяного пара расположен в непосредственной близости от сверхкомпактной области НII, а мазер ОН смещен к востоку на ~ 600 mas¹.

Некоторые мазерные детали водяного пара могут быть связаны с фрагментами ядра (см. Лехт и др. [15]). Такая связь может оказать сильное влияние на параметры мазерного излучения H_2O и на характер его переменности (например, из-за дрейфа центроида скоростей). Аргон и др. [14], а также Фиш и Рэйд [16] показали, что излучение гидроксила исходит из трех областей в G 10.624–0.385, но ни одно из мазерных пятен не находится в плоскости вращения молекулярного вещества. Фиш и Рэйд [16] также показали, что самое большое скопление мазерных пятен имеет форму дуги длиной около 150 mas. Это единственный сгусток ОН в G 10.624–0.385, демонстрирующий линейную поляризацию, большая часть которой ориентирована примерно перпендикулярно организованной структуре в виде дуги.

2. АППАРАТУРА И НАБЛЮДЕНИЯ

Мониторинг мазерного источника ОН в области звездообразования G10.624–0.385 проводится нами с 2008 г. в линиях 1665 и 1667 МГц на Большом радиотелескопе в Нансэ (Франция). В спутниковых линиях 1612 и 1720 МГц наблюдения были выполнены только для эпох 11.03.2023 и 10.06.2021 соответственно. Описание аппаратуры и методики наблюдений неоднократно были изложены во всех наших предыдущих работах (см., напр., [17]).

Ширина диаграммы направленности телескопа на волне 18 см равна $3.5' \times 19'$ по прямому восхождению и склонению соответственно. Чувствительность телескопа составила 1.4 К/Ян для точечного источника неполяризованного излучения. Анализ сигнала осуществлялся автокорреляционным спектроанализатором с разрешением

¹ mas (milli arc second) — угловая миллисекунда дуги

по лучевой скорости в линии 1665 МГц 0.1374 км/с в 2008 и 2017 г. и 0.0687 км/с в 2021 г.

Излучение регистрировалось одновременно в обеих круговых поляризациях (RC и LC) и в двух направлениях линейной поляризации. Сначала направления плоскости поляризации антенны составляли 0° и 90° . После поворота облучателя на 45° осуществлялся прием излучения снова в обеих круговых и в двух других направлениях линейной поляризации 45° и 135° . Таким образом, осуществлялась регистрация шести мод поляризации. Отметим, что данные об излучении в круговых поляризациях являются избыточными. Однако в некоторых случаях мы это использовали для улучшения чувствительности в $\sqrt{2}$ раз при усреднении спектров в круговых поляризациях.

Наш мониторинг в линиях ОН показал, что мазерное излучение ОН в области G10.624–0.385 наблюдается только в главных линиях 1665 и 1667 МГц. Плотность потока в максимуме излучения (параметр Стокса I) достигала 70 Ян. В другой главной линии 1667 МГц излучение немного слабее и наблюдается меньшее число деталей. В спутниковых линиях 1612 и 1720 МГц наблюдался слабый широкополосный сигнал (в интервале лучевых скоростей от -4.0 до $+1.5$ км/с в поглощении и излучении соответственно).

На рис. 1 представлены спектры мазерного излучения в главной линии ОН 1665 МГц во все эпохи наших наблюдений. Слева даны спектры в круговых поляризациях: жирной линией для правой (RC) и тонкой линией для левой (LC) круговых поляризаций соответственно. Внизу отрезками вертикальных линий показаны положения спектральных деталей в круговых поляризациях согласно Аргон и др. [14]. Справа дан параметр Стокса V . На рис. 2 представлены спектры в G10.624–0.385 в линии 1665 МГц для четырех направлений поляризации: $\chi = 0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ и 135° , также для всех эпох наблюдений.

Мазерное излучение в линии 1667 МГц показано на рис. 3: слева даны спектры в обеих круговых поляризациях, а справа дан параметр Стокса V . Спектры в линейной поляризации для четырех значений позиционного угла антенны показаны на рис. 4. Все обозначения аналогичны обозначениям на рис. 1 и 2. Вертикальными стрелками слева на верхней панели рис. 3 отмечены компоненты зеемановской пары.

На рис. 5 даны спектры в линиях ОН 1612 и 1720 МГц в обеих круговых поляризациях, полученные в 2023 и 2021 г. соответственно. Для повышения чувствительности было проведено усреднение спектров в правой и левой круговых поляризациях и при двух направлениях облучателя.

Напомним, что из наблюдений мы получаем значения плотности потока $F(RC)$ и $F(LC)$ для

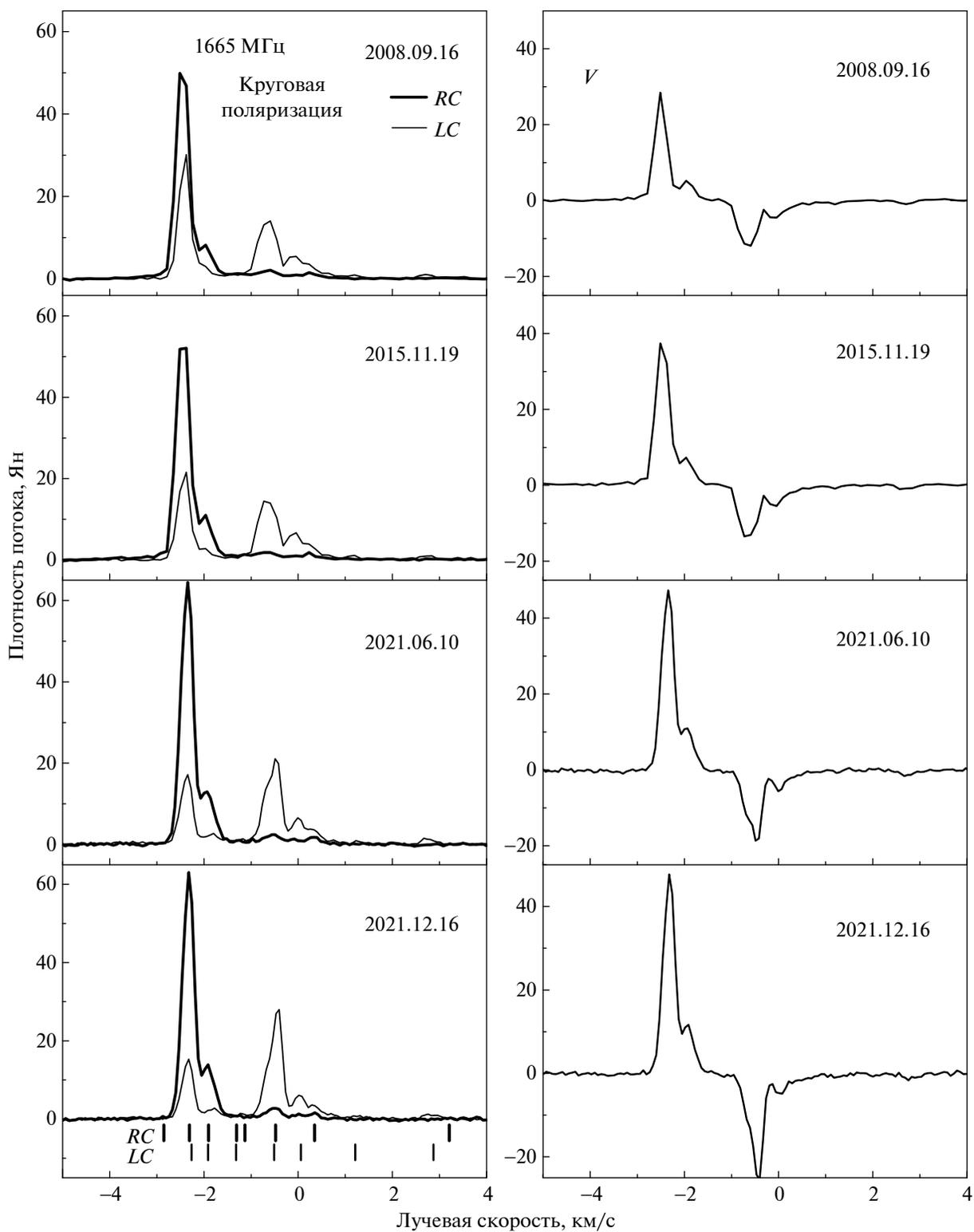


Рис. 1. Спектры в главной линии ОН 1665 МГц на разные эпохи наблюдений в G10.624–0.385. Слева приведены спектры для круговых поляризаций: жирной линией для правой (RC) и тонкой пунктирной линией для левой (LC) круговых поляризаций соответственно. Указаны эпохи наблюдений. Внизу отрезками вертикальных линий показаны положения спектральных деталей в круговых поляризациях согласно Аргон и др. [14]. Справа дан параметр Стокса V для тех же эпох наблюдений.

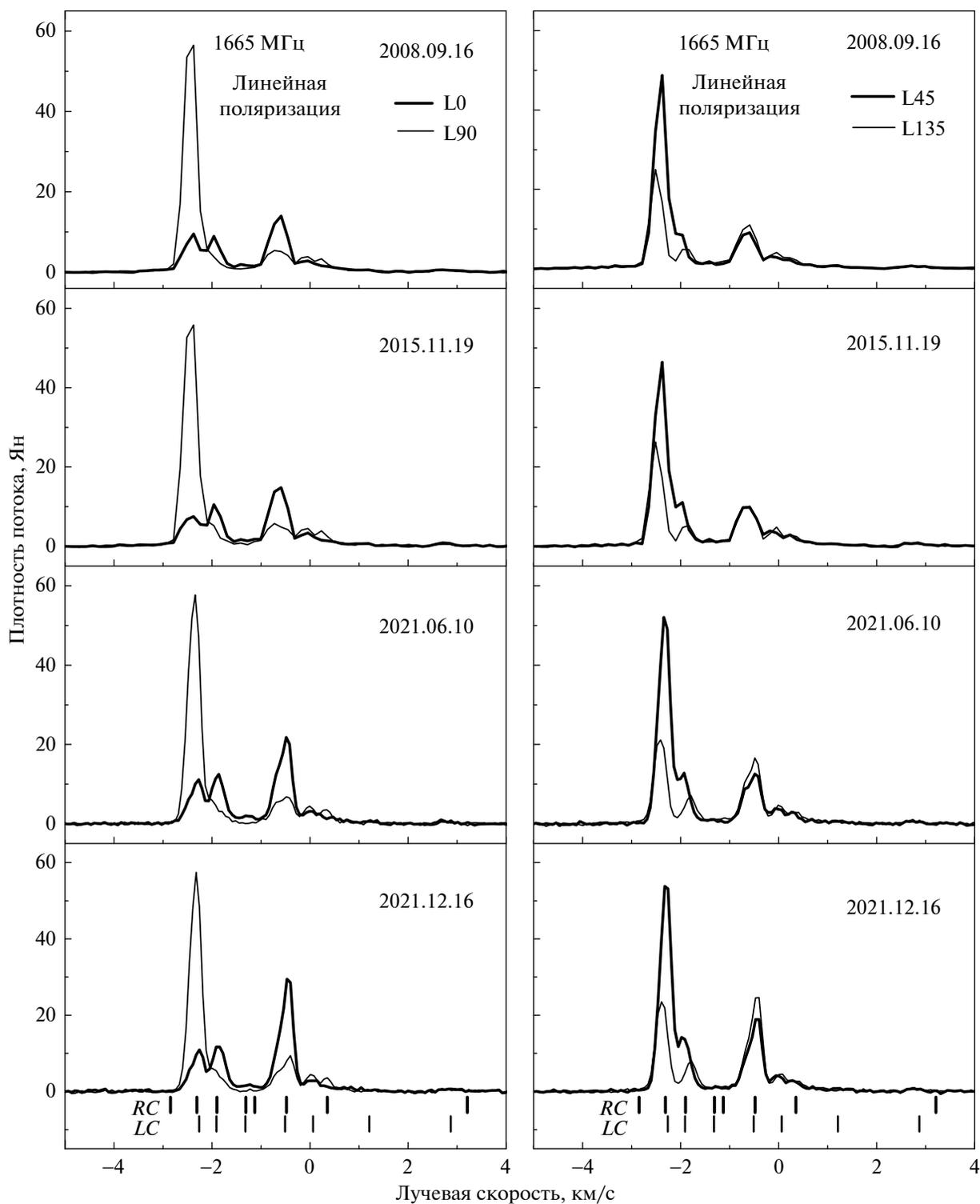


Рис. 2. Спектры в G10.624–0.385 в линии 1665 МГц для четырех позиционных углов линейной поляризации.

круговой поляризации и $F(0^\circ)$, $F(45^\circ)$, $F(90^\circ)$ и $F(135^\circ)$ для линейной поляризации в четырех направлениях. Параметры Стокса вычислялись по формулам:

$$I = F(0^\circ) + F(90^\circ) = F(RC) + F(LC),$$

$$Q = F(0^\circ) - F(90^\circ),$$

$$U = F(45^\circ) - F(135^\circ),$$

$$V = F(RC) - F(LC).$$

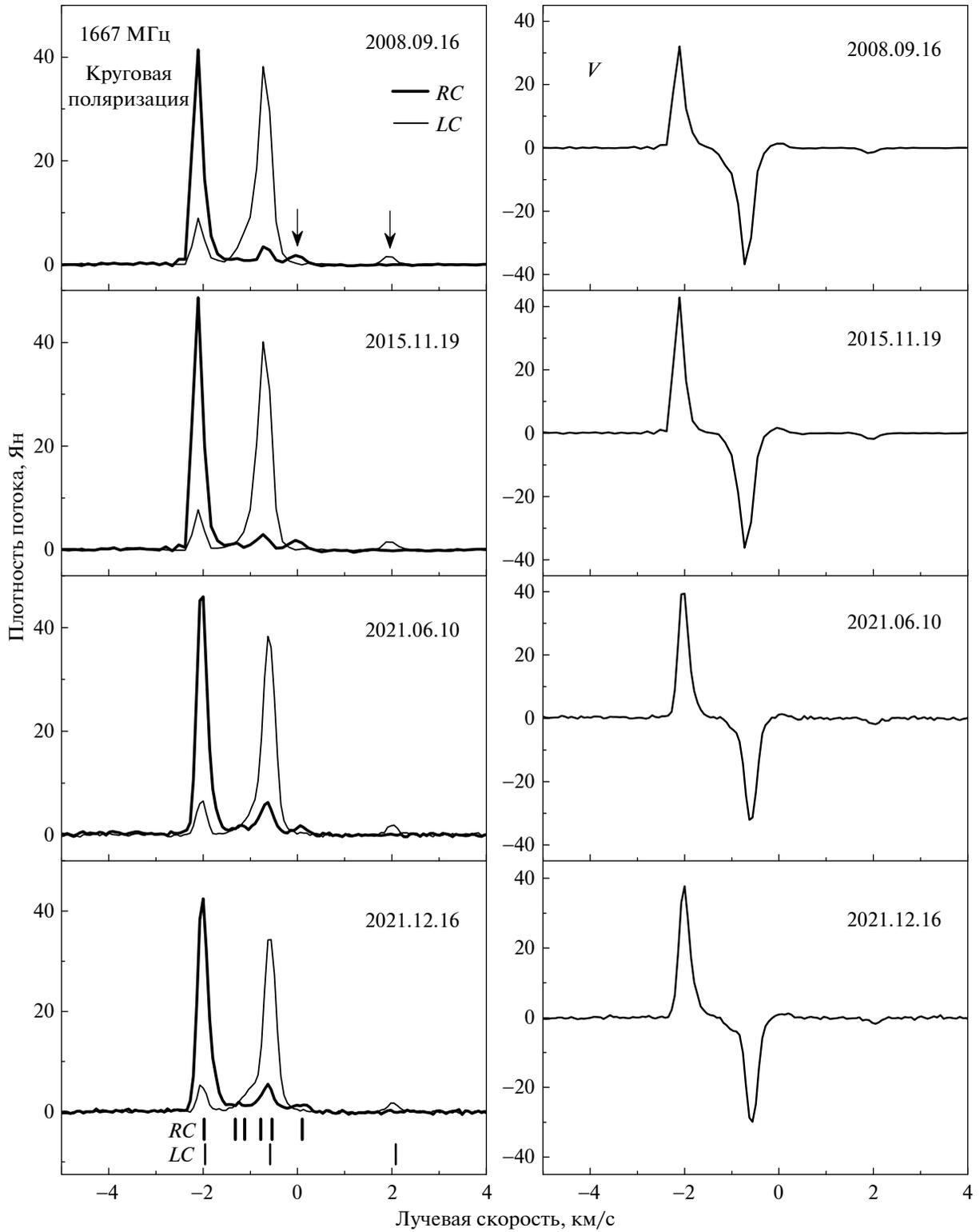


Рис. 3. То же, что на рис. 1, но для линии 1667 МГц. Вертикальными стрелками отмечены компоненты зеемановской пары.

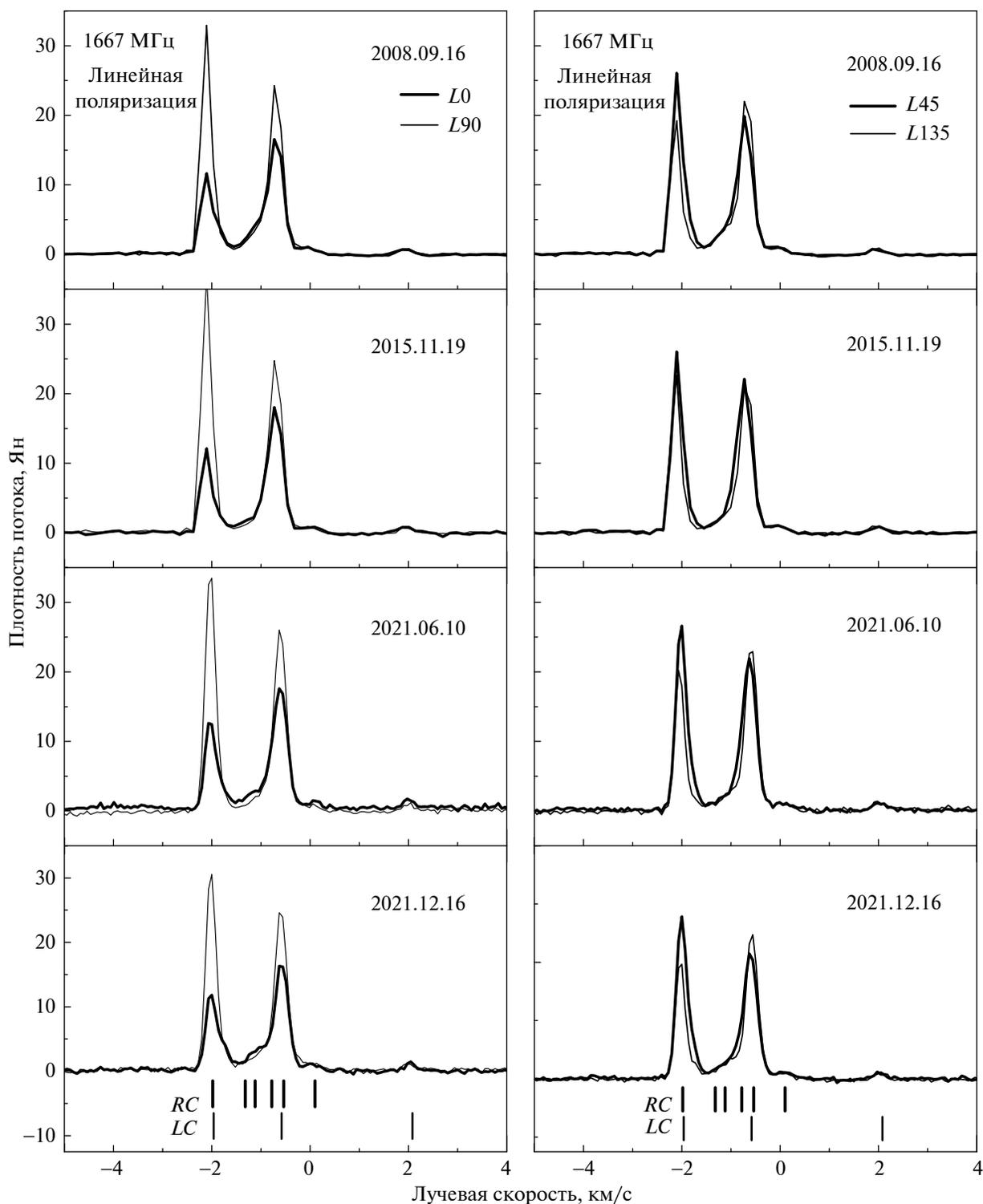


Рис. 4. То же, что на рис. 2, но для линии 1667 МГц.

Степень поляризации m_L и позиционный угол χ для линейной поляризации, степень круговой поляризации m_C и степень полной поляризации p были вычислены по формулам:

$$m_L = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I},$$

$$\chi = 0.5 \arctg(U/Q),$$

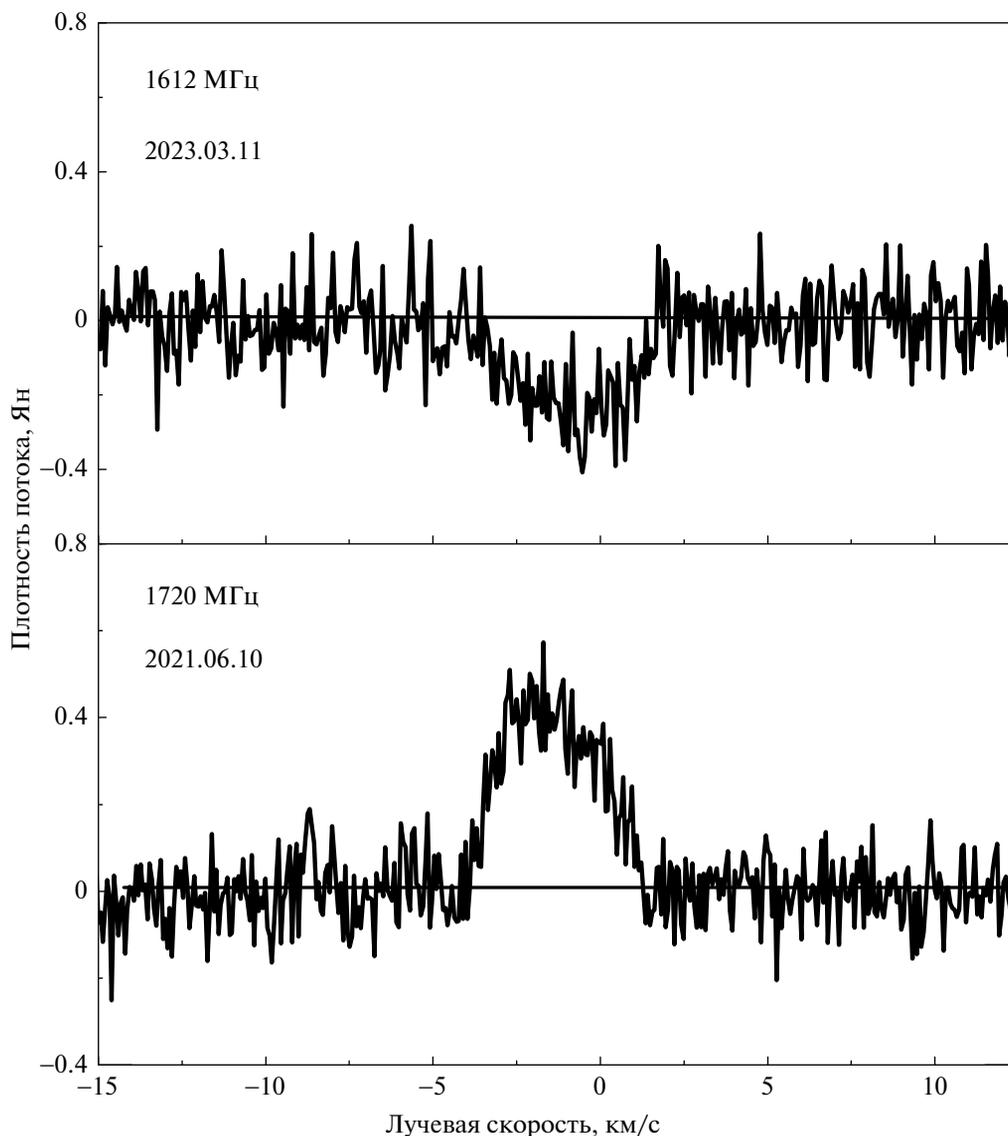


Рис. 5. Профили линий ОН 1612 и 1720 МГц в направлении G10.624–0.385.

$$m_C = \frac{V}{I},$$

$$p = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2 + V^2}}{I} = \sqrt{m_C^2 + m_L^2}.$$

3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ НАБЛЮДЕНИЙ

3.1. Анализ спектров в линиях 1665 и 1667 МГц

Спектр мазерного излучения ОН в направлении G10.624–0.385 в линии 1665 МГц простирается от -3.0 до $+3.5$ км/с. Содержит большое число деталей с плотностью потока от 0.3 до 65 Ян. Основные характеристики эмиссионных деталей представлены в табл. 1. В столбце 1 приведен но-

мер эмиссионной детали. В столбце 2 слева дана лучевая скорость детали V_{LSR} , измеренная в настоящей работе из наблюдений в Нансэ, а справа — скорость детали из работы Аргон и др. [14]. Индексы R и L показывают, что деталь наблюдается в правой или в левой круговой поляризации. В столбцах 4–7 даны степень круговой m_C и линейной m_L поляризации, позиционный угол χ линейной поляризации и степень полной поляризации p соответственно.

Имеется значительная переменность плотности потока в круговой поляризации двух основных деталей (-2.33 и -0.59 км/с), достигающая $\approx 25\%$ (см. рис. 6). Также наблюдались значительные изменения m_C первой детали от 0.31 до 0.61. Однако отсутствует переменность m_L и χ , что яв-

Таблица 1. Параметры поляризации излучения основных деталей в линии 1665 МГц в G10.624–0.385

1	2		3	4	5	6	7
Номер детали	V_{LSR} , км/с		Параметр Стокса I , Ян	m_C	m_L	χ , °	p
	н.р.	[14]					
1	–2.83 <i>R</i> –2.83 <i>L</i>	–2.85 <i>R</i> –2.77 <i>L</i>	1.8	0.82	0.43	–52	0.74
2	–2.33 <i>R</i> –2.33 <i>L</i>	–2.31 <i>R</i> –2.26 <i>L</i>	81	0.31/0.61	0.80	72	0.89
3*	–1.93 <i>R</i> –1.90 <i>L</i>	–1.90 <i>R</i> –1.91 <i>L</i>	15.8	0.62	0.60	24	0.77
4	–1.23 <i>R</i> –1.23 <i>L</i>	–1.31 <i>R</i> –1.31 <i>L</i>	2.9	–0.19	0.55	0	0.76
5	–1.13	–1.13 <i>R</i>	2.9	0.32	0.20	–15	0.43
6*	–0.50 <i>R</i> –0.44 <i>L</i>	–0.48 <i>R</i> –0.51 <i>L</i>	30.7	–0.78	0.57	–10	0.97
7	0.00 <i>R</i> 0.02 <i>L</i>	0.06 <i>L</i>	7.6	–0.69	0.23	–60	0.73
8	0.35 <i>R</i> 0.31 <i>L</i>	0.35 <i>R</i>	5.6	–0.39	0.43	–88	0.58
9	0.77 <i>R</i> 0.74 <i>L</i>		2.2	–0.52	0.24	30	0.57
10	1.23 <i>R</i> 1.23 <i>L</i>	1.21 <i>L</i>	1.3	–0.68	0.38	20	0.78
11	2.84 <i>R</i> 2.84 <i>L</i>	2.87 <i>L</i>	1.3	–0.52	0.30	–7	0.60
12	3.20 <i>R</i> 3.20 <i>L</i>	3.21 <i>R</i>	0.49	0.90	0.14	48	0.91

Примечание. В столбце 1 приведен номер эмиссионной детали. В столбце 2 слева дана лучевая скорость детали V_{LSR} , измеренная в настоящей работе из наблюдений в Нансэ, а справа — скорость детали из работы [14]. Индексы *R* и *L* показывают, что деталь наблюдается в правой или в левой круговой поляризации. В столбцах 4–7 даны степень круговой m_C и линейной m_L поляризаций, позиционный угол χ линейной поляризации и степень полной поляризации p соответственно. Детали, отмеченные символом (*), являются двойными.

ляется существенным для оценки структуры магнитного поля.

Спектр в 1667 МГц менее протяженный, чем спектр 1665 МГц, и содержит меньшее число деталей. Сходство спектров 1665 и 1667 МГц заключается в наличии в них излучения двух основных деталей, потоки которых значительно превышают потоки от остальных деталей. Переменность излучения этих двух деталей показана на рис. 7. Параметры поляризации излучения большинства деталей в линии 1667 МГц представлены в табл. 2, которая аналогична табл. 1. Детали, отмеченные символом (*) в обеих таблицах являются двойными, а с символом (+) в табл. 2 составляют зеемановскую пару.

Характер переменности поляризационных характеристик двух главных деталей в линии 1667 МГц аналогичен параметрам деталей в линии 1665 МГц. Например параметр m_C меняется монотонно с 0.65 до 0.77. При этом позиционный угол χ и степень линейной поляризации m_L сохраняются на уровне $77^\circ \pm 2^\circ$ и 0.52 соответственно.

Мы провели отождествление наблюдаемых нами деталей с соответствующими деталями VLA карты Аргон и др. [14]. Были использованы три критерия: близкие значения лучевой скорости, близкие значения плотности потока и один и тот же вид круговой поляризации. Все наблюдаемые в главных линиях 1665 и 1667 МГц мазерные пятна [14] нанесены на карте (рис. 8). Для каждого из них указана лучевая скорость, также взятая из

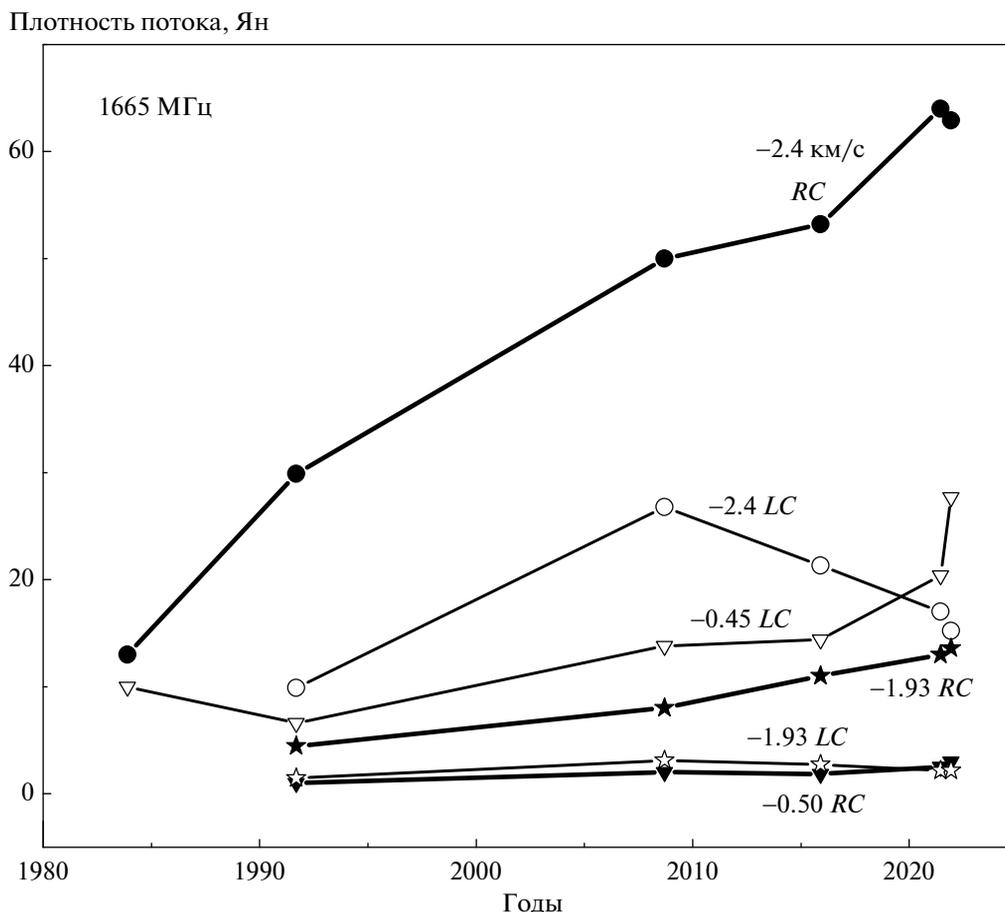


Рис. 6. Переменность излучения основных деталей спектра ОН в G10.624–0.385 в линии 1665 МГц.

[14]. Отрезками прямых линий нанесены векторы поперечного магнитного поля для каждой спектральной детали. Согласно табл. 1 и 2 позиционные углы χ , в основном, перпендикулярны дуге, вдоль которой расположены мазерные конденсации. Следовательно, магнитное поле в мазерных конденсациях ориентировано, в основном, вдоль дуги. Такая ориентация сохраняется с 2002 г. (см. Фиш и Рэйд [16]).

Наиболее сильные детали в линии 1667 МГц, $-1.98R$ и $-0.58L$, по всем формальным признакам можно считать зеемановской парой: они имеют разные круговые поляризации и близкие положения в пространстве на VLA карте. Однако присутствие на этих лучевых скоростях излучения в круговых и линейной поляризациях от других деталей не позволяют признать существование такой зеемановской пары.

Единственная зеемановская пара в G10.624–0.385 обнаружена в линии 1667 МГц. Она имеет расщепление около 2 км/с, которому соответствует продольное магнитное поле 4.3 мГс, направленное к наблюдателю. На протяжении всех лет наблюдений величина зеемановского рас-

щепления этой пары не менялось. Это свидетельствует о постоянстве продольного магнитного поля на протяжении не менее 25 лет.

3.2. Анализ спектров в линиях 1612 и 1720 МГц

Профили линий ОН 1612 и 1720 МГц (рис. 5) состоят из широких компонентов либо излучения, либо поглощения и представляют собой зеркальные отражения друг друга. Причем эти линии полностью перекрывают диапазоны мазерного излучения ОН на 1665 и 1667 МГц. Такая структура находит объяснение в модели источника ОН, связанного с окружающим мазер молекулярным облаком при наличии в облаке источника ИК-излучения, влияющего на населенности подуровней сверхтонкой структуры молекул ОН [18]. Особенности накачки ИК-излучением в модели [18] таковы, что инверсия населенностей уровней перехода 1720 МГц сопровождается антиинверсией в линии 1612 МГц или наоборот.

Наблюдения ряда источников в спутниковых линиях ОН [19, 20] действительно дают зеркальные профили линий: 1612 МГц в излучении,

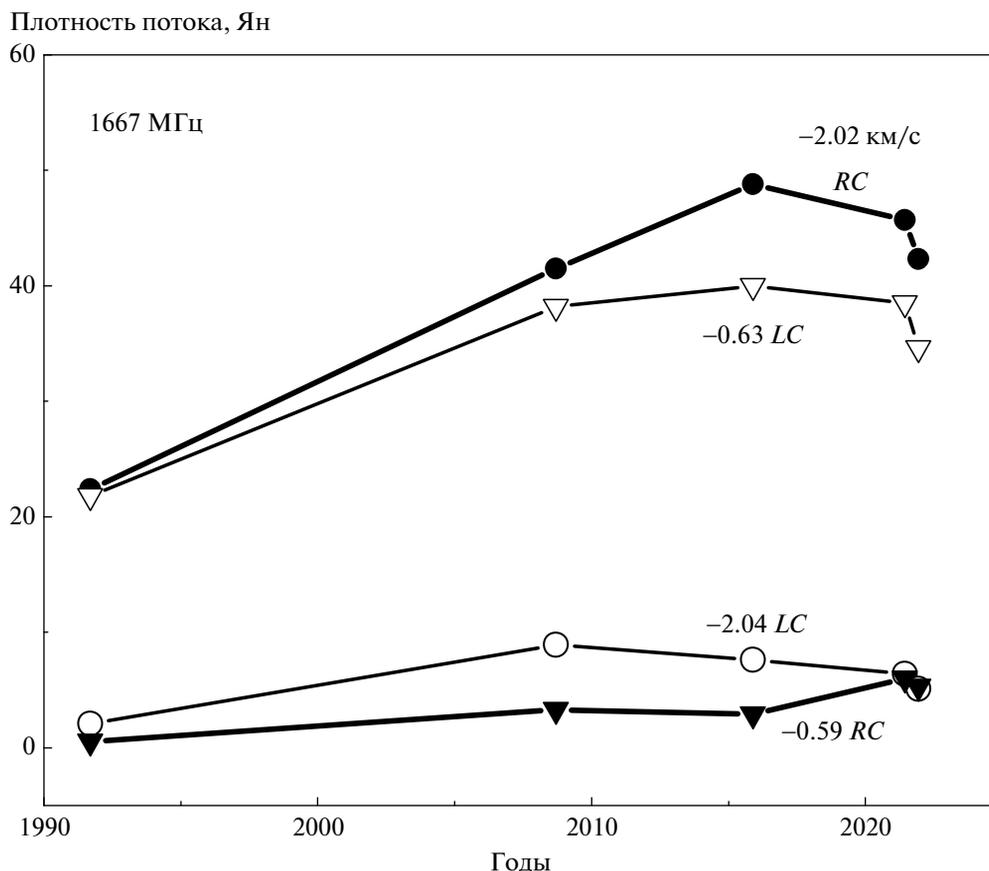


Рис. 7. Переменность излучения основных деталей спектра ОН в G10.624–0.385 в линии 1667 МГц.

1720 МГц в поглощении или наоборот. Если в молекулярном облаке присутствует магнитное поле, то согласно модели [18], инверсия или антиинверсия того или другого спутного перехода ОН определяется углом между направлением распространения ИК-излучения и локальным направлением магнитного поля.

Таким образом, на периферии области G10.624–0.385 имеется достаточно сильное стабильное магнитное поле, связанное с организованной структурой мазерных пятен ОН (конденсаций). При этом наблюдается достаточно высокая степень линейной поляризации мазерного излучения ОН при неизменном значении позиционного угла χ в каждой мазерной конденсации. Аналогичные дуги наблюдаются в других источниках, например, в W75N [16, 21, 22]. Однако в W75N все поляризационные параметры мазерного излучения ОН являются переменными.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведем здесь основные результаты анализа мониторинга мазерного излучения ОН в источ-

нике G10.624–0.385, проведенного нами на радиотелескопе в Нансэ на длине волны 18 см.

1. В линии 1665 МГц излучение интенсивнее, чем в 1667 МГц, и спектры содержат большее число эмиссионных деталей. Некоторых деталей нет в наблюдениях Аргон и Фиш [14, 16]. Есть короткоживущая деталь на скорости -10 км/с, которая существенно удалена от всех остальных.

2. Обнаружена переменность плотности потока и степени круговой поляризации m_c основных деталей в обеих главных линиях 1665 и 1667 МГц.

3. Наблюдается высокая степень линейной поляризации m_l , но при этом отсутствует переменность этого параметра и позиционного угла χ .

4. Получено, что для зеемановской пары в линии 1667 МГц расщепление (около 1.96 км/с) и, следовательно, величина продольного магнитного поля (4.3 мГс) являются стабильными более 25 лет.

5. Проведено пространственное отождествление деталей в обеих главных линиях, что позволяет сделать вывод: поперечное магнитное поле направлено, в основном, вдоль дуги и такая конфигурация сохраняется более 25 лет.

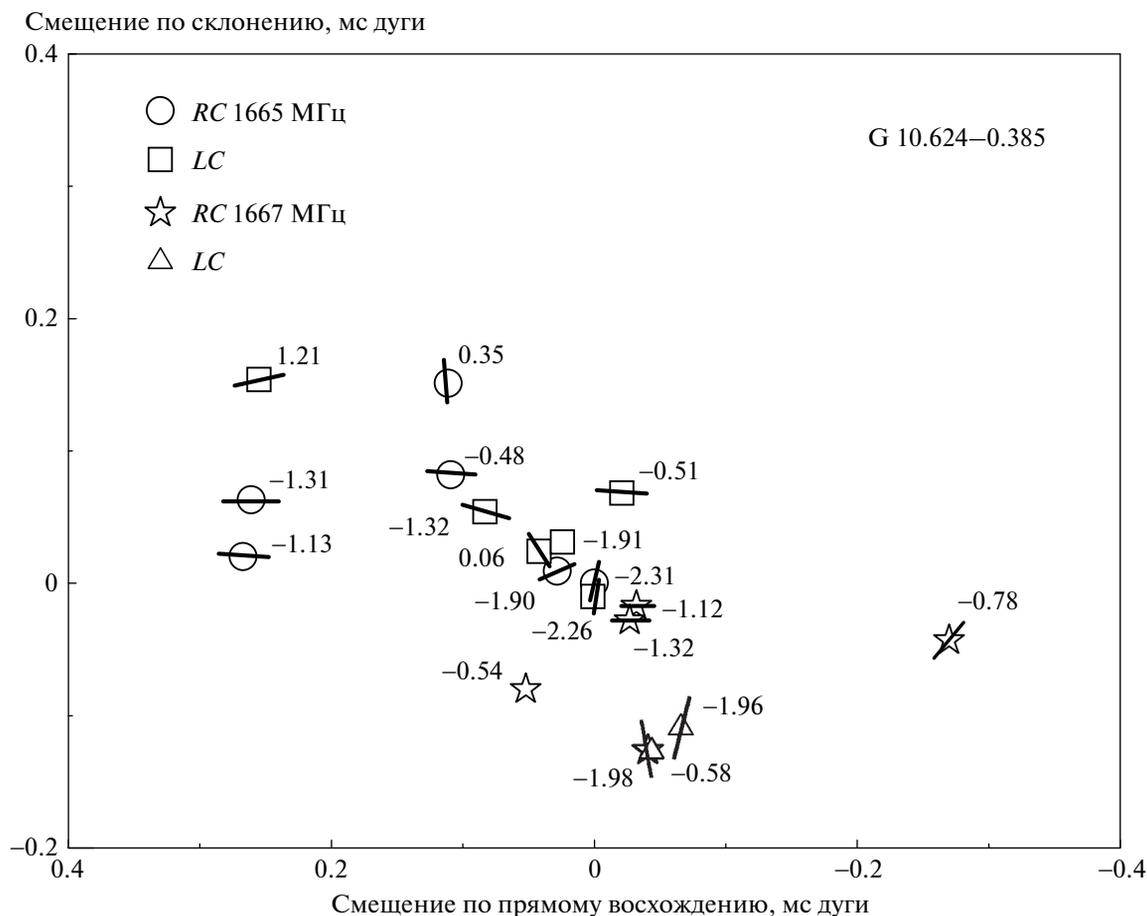


Рис. 8. Карта расположения мазерных пятен ОН (конденсаций) в линии 1665 МГц в правой (кружки) и левой (квадраты) круговых поляризациях и в линии 1667 МГц в правой (звездочки) и левой (треугольники) круговых поляризациях в эпоху 12 января 1993 г. [14]. Для каждого мазерного пятна указана лучевая скорость, также взятая из работы [14]. Отрезками прямых линий нанесены векторы поперечного магнитного поля.

Таблица 2. Параметры поляризации излучения основных деталей в линии 1667 МГц в G10.624–0.385

1 Номер детали	2 V_{LSR} , км/с		3 Параметр Стокса I , Ян	4 m_S	5 m_L	6 χ , °	7 p
	н.р.	[14]					
1	-2.56 R -2.56 L		0.12	0.12	0.33	90	0.35
2	-2.02 R -2.05 L	-1.98 R -1.96 L	56.5	0.65/0.77	0.52	75	0.83/0.93
3	-1.72 R -1.72 L		2.6	0.54	0.37	45	0.65
4	-1.42	-1.32 R	4.8	-0.28	0.21	0	0.42
5	-1.13 -1.15 L	-1.13 R -1.12 L	2.9	0.32	0.20	-15 0	0.38
6	-0.78	-0.78 R	0.60	0.35	0.30	45	0.46
7*	-0.63 R -0.59 L	-0.54 R -0.58 L	44.3	-0.72/-0.86	0.26	-80	0.77/0.90
8 ⁺	0.09 R	0.10 R					
9 ⁺	2.03 L	2.08 L					

Примечание. Обозначения столбцов те же, что и в табл. 1. Детали, отмеченные символом (*) являются двойными, детали с символом (+) составляют зеемановскую пару.

6. Наблюдается широкая линия излучения на 1720 МГц. Она охватывает диапазон скоростей мазерного излучения деталей на 1665 МГц. Исключением является высокоскоростная короткоживущая деталь -10 км/с. Излучение является тепловым. В линии 1612 МГц, наоборот, наблюдается линия поглощения в том же диапазоне лучевых скоростей. Зеркальные профили спутельных линий ОН 1612 и 1720 МГц указывают на накачку уровней соответствующих переходов ИК-излучением источника, погруженного в замагниченное молекулярное облако вокруг мазера.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Радиоастрономической обсерватории в Нансэ (Франция) за большую помощь в проведении наблюдений по программе многолетнего мониторинга источников мазерного излучения ОН на Большом радиотелескопе в Нансэ (Франция).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *W. M. Goss and P. A. Shaver*, Australian J. Phys. Astrophys. Suppl. **14**, 1 (1970).
2. *E. C. Reifstein, T. L. Wilson, B. F. Burke, P. Q. Mezger, and W. J. Altenhoff*, Astron. and Astrophys. **4**, 357 (1970).
3. *E. J. Wright, G. G. Fazio, and F. J. Low*, Astrophys. J. **217**, 724 (1977).
4. *P. T. P. Ho and A. D. Haschick*, Astrophys. J. **248**, 622 (1981).
5. *P. T. P. Ho, R. I. Klein, and A. D. Haschick*, Astrophys. J. **305**, 714 (1986).
6. *S. Corbel and S. S. Eikenberry*, Astron. and Astrophys. **419**, 191 (2004).
7. *A. Sanna, M. J. Reid, K. M. Menten, T. M. Dame, et al.*, Astrophys. J. **781**, id. 1 (2014).
8. *E. R. Keto*, Astrophys. J. **568**, 760 (2002).
9. *P. T. P. Ho and A. D. Haschick*, Astrophys. J. **304**, 501 (1986).
10. *E. R. Keto, P. T. P. Ho, and M. J. Reid*, Astrophys. J. **303**, L113 (1987).
11. *D. Downes*, **5**, 51 (1970).
12. *B. E. Turner and R. H. Rubin*, Astrophys. J. **170**, L113 (1971).
13. *J. R. Forster and J. L. Caswell*, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. **137**, 43 (1999).
14. *A. L. Argon, M. J. Reid, and K. M. Menten*, Astrophys. J. Suppl. **129**, 159 (2000).
15. *E. E. Lехт, В. А. Муницын, А. М. Толмачев*, Астрон. журн. **82**(1), 50 (2005).
16. *V. L. Fish and M. J. Reid*, Astrophys. J. Suppl. **164**, 99 (2006).
17. *П. Колом, Е. Е. Лехт, М. И. Пащенко, Г. М. Рудницкий, А. М. Толмачев*, Астрон. журн. **94**(12), 1050 (2017).
18. *В. В. Бурдюжа, Д. А. Варшалович*, Астрон. журн. **49**, 727 (1972).
19. *М. И. Пащенко, Г. М. Рудницкий, О. Франкелен*, Письма в Астрон. журн. **5**, 517 (1979).
20. *R. F. Haynes and J. L. Caswell*, Monthly Not. Roy. Astron. Soc. **178**, 219 (1977).
21. *П. Колом, Н. Т. Ашимбаева, Е. Е. Лехт, М. И. Пащенко, Г. М. Рудницкий, А. М. Толмачев*, Астрон. журн. **98**(1), 50 (2021).
22. *Н. Т. Ашимбаева, Е. Е. Лехт, М. И. Пащенко, В. В. Краснов, А. М. Толмачев*, Астрон. журн. **99**, 628 (2022).

INVESTIGATION OF THE MAGNETIC FIELD FROM OBSERVATIONS OF THE OH MASER IN THE G10.624–0.385 STAR FORMATION REGION

N. T. Ashimbaeva^a, E. E. Lekht^a, V. V. Krasnov^b, and A. M. Tolmachev^c

^a *Lomonosov Moscow State University, P.K. Sternberg State Astronomical Institute, Moscow, Russia*

^b *Astrospace Center of the P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

^c *Pushchino Radio Astronomy Observatory, Astrospace Center of the P.N. Lebedev Physical Institute, Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia*

The results of a study of the variability of maser emission in OH lines in the 18 cm range in the G10.624–0.385 star formation region from monitoring data performed at the Large Radio Telescope in Nançay (France) in 2008–2023 are presented. It is obtained that for a Zeeman pair in line 1667 MHz splitting (about 1.96 km/s) and, consequently, the magnitude of the longitudinal magnetic field have been stable for more than 25 years. In the satellite lines of 1612 and 1720 MHz, broadband absorption and emission are observed, respectively. Mirrored The profiles of the OH 1612 and 1720 MHz satellite lines indicate that the levels of the corresponding transitions are pumped by IR radiation from a source immersed in a magnetized molecular cloud around the OH maser. Spatial identification of details in both main lines is carried out. It is found that the transverse magnetic field is directed mainly along some organized structure in the form of an arc.

Keywords: star formation, OH masers, molecular clouds and bipolar outflows, magnetic field, individual objects (G10.624–0.385)