

ИССЛЕДОВАНИЕ МАЗЕРОВ H_2O И ОН В ОБЛАСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МОЛОДОГО ЗВЕЗДНОГО ОБЪЕКТА ВЫСОКОЙ МАССЫ (S255 NIRS 3)

© 2024 г. Н. Т. Ашимбаева¹, Е. Е. Лехт^{1,*}, В. В. Краснов², В. Р. Шутенков³

¹Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга, Москва, Россия

²Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук, Москва, Россия

³Пуцинская радиоастрономическая обсерватория,
Астрокосмический центр Физического института им. П. Н. Лебедева Российской академии наук, Пушкино, Россия

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

Поступила в редакцию 14.02.2024 г.

После доработки 27.03.2024 г.

Принята в печать 23.04.2024 г.

Приведены результаты исследования области звездообразования S255 IR, где формируется молодая звезда большой массы ($20M_{\odot}$). Наблюдения в H_2O выполнены на РТ-22 в Пушкино, а в линиях ОН — на Большом радиотелескопе в Нансэ (Франция). Данные наблюдений в линии H_2O на длине волны 1.35 см были использованы за период 2017–2023 гг. Наши наблюдения в H_2O показали существование сильных вспышек, особенно в 2023 г. Наблюдался также дрейф излучения по лучевой скорости для большинства спектральных деталей и преимущественно в сторону уменьшения лучевой скорости. В линиях ОН 18 см в 2008 г. излучение не было обнаружено. Мы наблюдали излучение ОН в главных линиях 1665 и 1667 МГц в 2015, 2023 и 2024 гг. Структуры спектров, степени круговой и линейной поляризаций сильно различались в эти эпохи. Однако, при этом векторы поперечного магнитного поля имели преимущественно два направления: $\sim \pm(30^\circ - 40^\circ)$ относительно вертикали, т. е. почти перпендикулярно джету или вдоль него. Зеемановское расщепление было обнаружено только в линии 1667 МГц для одной пары деталей: 2.26 и 2.37 км/с. Величине расщепления 0.11 км/с соответствует значение продольного магнитного поля 0.31 мГс; поле направлено к наблюдателю. Предполагается, что появление мазерного излучения ОН в 2015 г. связано со вспышкой аккреции. Существенные изменения структуры спектров ОН, их степени поляризации и очень сильные вспышки мазера H_2O в 2023 г. могут быть связаны с новой возможной вспышкой аккреции в S255 IR.

Ключевые слова: звездообразование; мазеры H_2O и ОН; молекулярные облака и биполярные потоки; магнитные поля; индивидуальные объекты (S255 IR).

DOI: 10.31857/S0004629924050034 EDN: JNXITV

1. ВВЕДЕНИЕ

S255 IR это компактная область активного звездообразования, расположенная на расстоянии 1.78 кпк от Солнца [1]. В настоящее время данное значение расстояния считается наиболее предпочтительным. В этой области наблюдались восемь объектов НН (Хербига-Аро), два высокоскоростных молекулярных выброса (джета) и многочисленные источники инфракрасного излучения. Ближайшая к S255 IR ультракомпактная область Н II G192.58P 0.04 [2], ассоциируемая с одним из молекулярных выбросов [3], находится севернее S255 IR на расстоянии $64''$ от нее.

Мазер в линии H_2O на 22 ГГц в источнике S255 был открыт Ло и Берком [4] в 1973 г. Мазер расположен в комплексе S255 IR, который находится между

двумя областями S255 и S257, являющимися протяженными источниками радиоизлучения с непрерывным спектром.

Мазер в линии ОН был открыт в 1971 г. Тернером [5]. Эванс и др. [6] на частоте 1665 ГГц измерили положение источника, но так как поток был очень слабым (зарегистрирован только в одном канале), было сделано сопоставление с мазером H_2O и соответствующим сильным инфракрасным источником. Но с тех пор излучение в линиях гидроксила в этом объекте не наблюдалось как в линии 18 см [7], так и в линии 5 см [8].

В направлении S255 IR имеются два мазера метанола I и II класса, которые обнаружили соответственно Хачик и др. [9] и Ментен [10]. Дело в том,

что CH_3OH -мазеры обоих типов находятся в областях звездообразования. Но если метанольные мазеры II класса совпадают по положению с мазерами OH , H_2O и ультракомпактными областями H II, то мазеры I класса не ассоциируются с какими-либо известными объектами, хотя и расположены в окрестностях областей звездообразования вблизи границ плотных газопылевых облаков. Мазеры II класса часто располагаются в высокоскоростных потоках вещества вдоль прямых линий или на дугах. Было высказано предположение, что они возникают в протопланетных дисках [11].

Большой интерес представляют области звездообразования, в которых имеются массивные молодые звездные объекты с $M_* > 8M_\odot$, и светимостью $L_* > 5 \times 10^3 L_\odot$. К числу таких объектов относится область звездообразования S255 IR, масса центральной звезды в которой составляет около $20M_\odot$ [12]. Интерес вызван тем, что в таких областях происходит внезапное увеличение излучения в континууме в широком диапазоне длин волн, от радио до инфракрасного излучения.

В последние несколько лет произошли открытия ярких вспышек аккреции в таких массивных молодых звездных объектах, как, например, в S255 IR, NGC 6334 I, G358.931–0.030, G24.33+0.14 [2]. Именно эти события сопровождались вспышками мазерного излучения, а также вспышками излучения в радио — в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах волн. Например, в направлении массивного молодого звездного объекта в S255 IR в ноябре 2015 г. наблюдалась значительная вспышка в линии метанольного мазера на частоте 6.7 ГГц [13], которая объясняется увеличением светимости аккреции в середине июня 2015 г. [12].

В S255 IR впервые обнаружено протяженное мазерное излучение H_2O (>1700 а. е.) [14]. Причем, мазерное излучение как компактных областей, так и протяженных имеют сходные изменения потока со временем. Авторы считают, что для этих областей имеется общий механизм возбуждения — радиационное возбуждение из-за комбинированного эффекта ИК-вспышки и расширяющейся струи. Проведенный с 1981 по 2000 г. мониторинг мазера H_2O показал, что переменность интегрального потока имеет циклический характер [15].

Настоящая работа посвящена исследованию вспышек в период 2017–2023 гг. Полный каталог спектров и результаты их анализа будут опубликованы в нашей последующей работе по S255 IR. Временной интервал 2017–2023 гг. в настоящей работе

был выбран по двум причинам. Во-первых, в какой-то степени наши исследования являются ответом на поставленные в [14] вопросы (например, причина отсутствия внезапного и сильного увеличения интенсивности мазера H_2O после вспышки аккреции в 2015 г.). Во-вторых, в этот период имел место существенный рост интегрального потока и происходили самые сильные вспышки мазерного излучения водяного пара за все время нашего мониторинга этого источника. Мы не приводим здесь данные нашего мониторинга за 2015–2016 гг., потому что спектры за этот период были опубликованы в работе Хирото и др. [14]. В анонсируемой работе все спектры будут приведены.

2. АППАРАТУРА И НАБЛЮДЕНИЯ

Мониторинг мазерного источника H_2O в S255 IR в линии 1.35 см проводится нами на 22-м радиотелескопе в ПРАО с конца 1981 г. Координаты источника составляют: $\alpha_{(2000)} = 6^{\text{h}}12^{\text{m}}54^{\text{s}}$, $\delta_{(2000)} = +17^\circ59'23''$. Результаты наблюдений с 1981 по 2000 г. были опубликованы в работе Пашенко и др. [15].

Ширина диаграммы направленности радиотелескопа на волне 1.35 см составляет $2.6'$. Шумовая температура системы находилась в пределах 150–300 К в зависимости от условий наблюдений. Чувствительность телескопа равна 25 Ян/К.

Регистрация сигнала осуществлялась 2048-канальным автокорреляционным приемником с разрешением 0.0822 км/с по лучевой скорости. Точность определения лучевой скорости находилась в пределах 20–25 м/с. Интервалы между сеансами наблюдений составляли в основном около одного месяца. Однако, когда происходили сильные вспышки, то в пределах одного сеанса (3–4 дня) мы проводили несколько наблюдений.

Мы также провели поляризационные измерения характеристик мазерного излучения OH в S255 IR на волне 18 см на радиотелескопе в Нансэ (Франция) в 2008, 2015, 2023 и 2024 гг. Чувствительность телескопа составляет 1.4 К/Ян. Наблюдения были проведены в главных линиях 1665 и 1667 МГц. Спектральное разрешение в 2008 и 2015 гг. в линии 1665 МГц было 0.1373 км/с, а в 2023 г. 0.0687 км/с. Было получено шесть мод излучения: две в круговых поляризациях (левой и правой) и четыре в линейной поляризации при направлениях облучателя антенны 0° , 45° , 90° и 135° . Методика наблюдений и обработки данных были неоднократно подробно изложены в наших предыдущих публикациях (см., напр., [16, 17]).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ

На рис. 1–7 приведены центральные части спектров, где наблюдалось мазерное излучение H_2O . Спектры показаны для временного интервала 2017–2023 гг. Для каждого спектра приведена эпоха наблюдений. Все спектры скорректированы за поглощение излучения в земной атмосфере. Это было заложено в программу наблюдений. Как было отмечено ранее, мы готовим публикацию полного каталога спектров H_2O в S255 с начала нашего мониторинга этого источника с 1981 г., включив в него 3D представление всех спектров. Это очень важно для иллюстрации вспыхивающего характера мазерного излучения H_2O и исследования эволюции и закономерностей возникновения всплесков.

На рис. 8 показана переменность интегрального потока, вычисленного в интервале лучевых скоростей от -15 до $+20$ км/с. Наблюдается квазипериодический характер переменности. Выделены постоянная составляющая интегрального потока, которая отражена прямой линией, и циклы активности. Для

большинства из них в максимумах потока указаны лучевые скорости наиболее интенсивных деталей.

В каждом спектре H_2O были выделены отдельные эмиссионные детали и определены их плотности потоков и лучевые скорости. Переменность лучевой скорости основных деталей показана на рис. 9. Большими светлыми кружками отмечены детали в те эпохи, когда их плотность потока превышала 200 Ян. Вариации скорости наиболее интенсивных деталей аппроксимированы отрезками прямых линий и эти детали пронумерованы от 1 до 12. Наклоны прямых линий отражают тенденцию дрейфа деталей в спектре. Конечно, реальный дрейф имеет более сложный характер относительно вписанных прямых линий, например, для деталей 1, 4 и 9. Слева звездочками показаны положения деталей H_2O на эпоху 14 мая 2017 г., взятые из работы [14, табл. 4]. Затемненными звездочками показаны мазеры, наблюдаемые на частоте 22 ГГц, а светлыми звездочками — на частоте 321 ГГц.

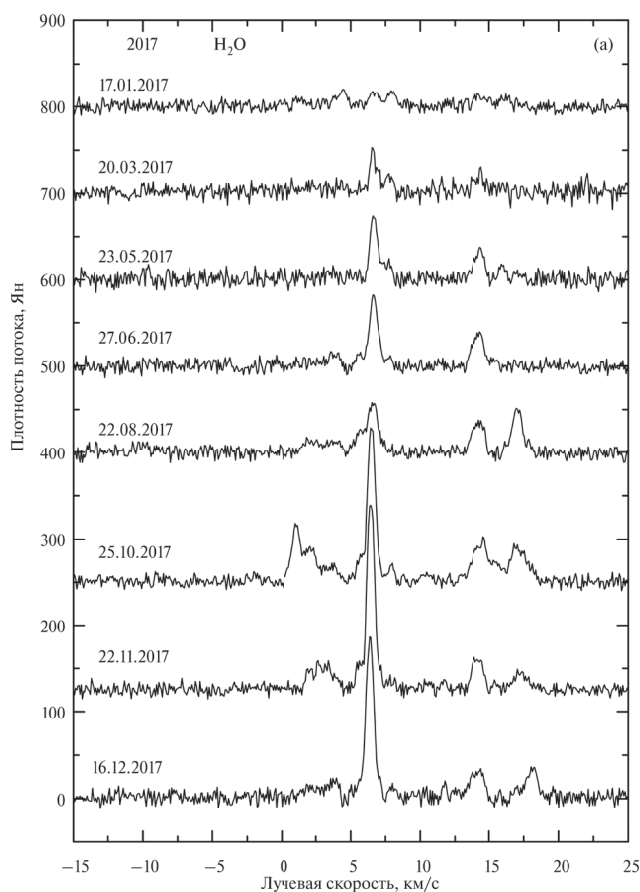


Рис. 1. Спектры мазерного излучения H_2O в направлении S255 IR, полученные в 2017 г. Указаны эпохи наблюдений.

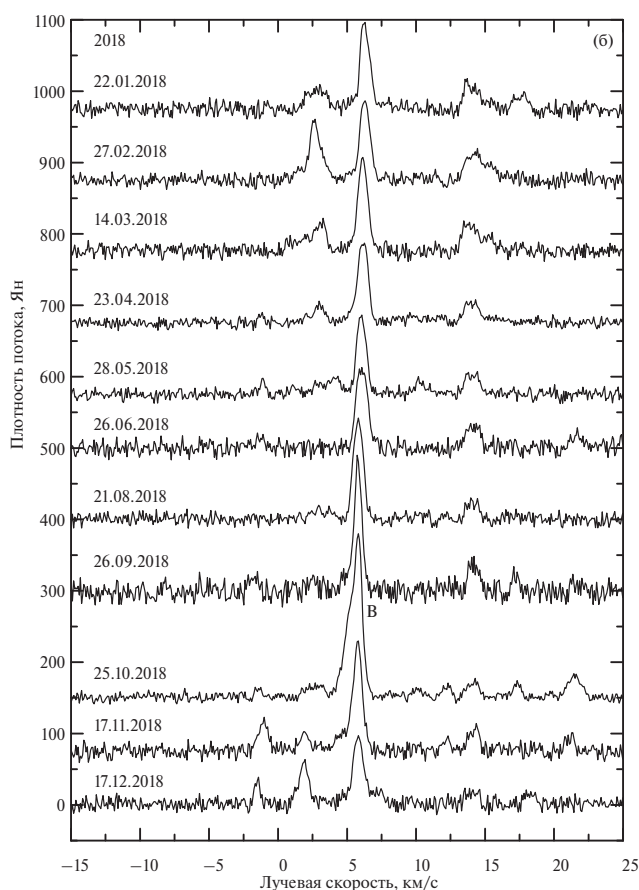


Рис. 2. Продолжение. То же, что на рис. 1, для 2018 г.

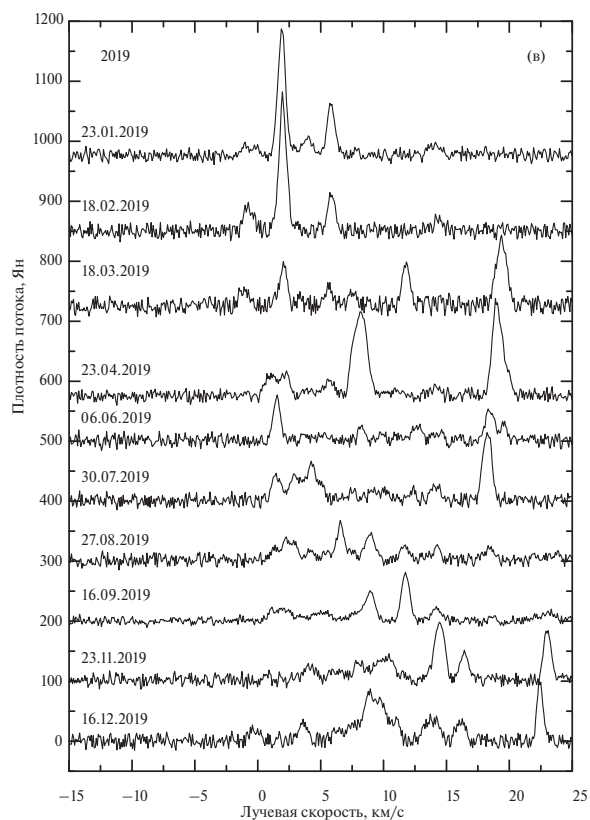


Рис. 3. Продолжение. То же, что на рис. 1, для 2019 г.

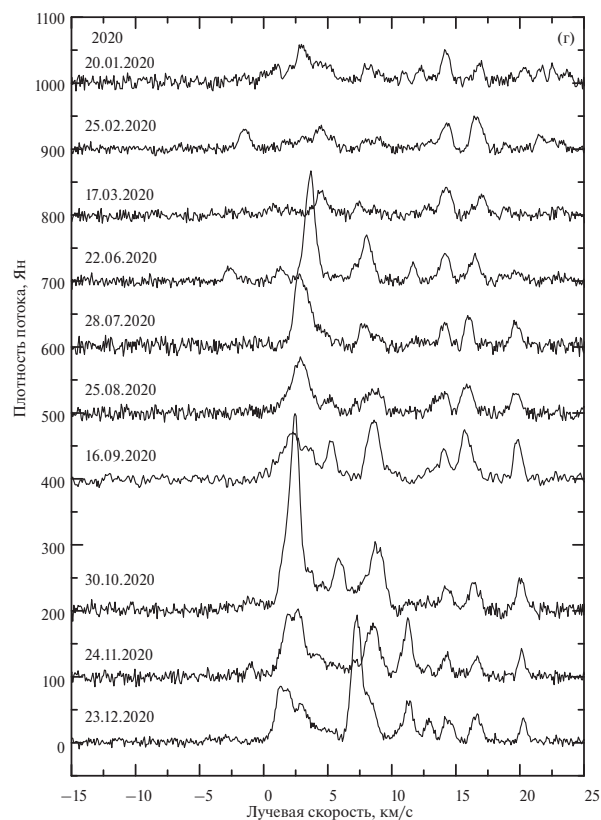


Рис. 4. Продолжение. То же, что на рис. 1, для 2020 г.

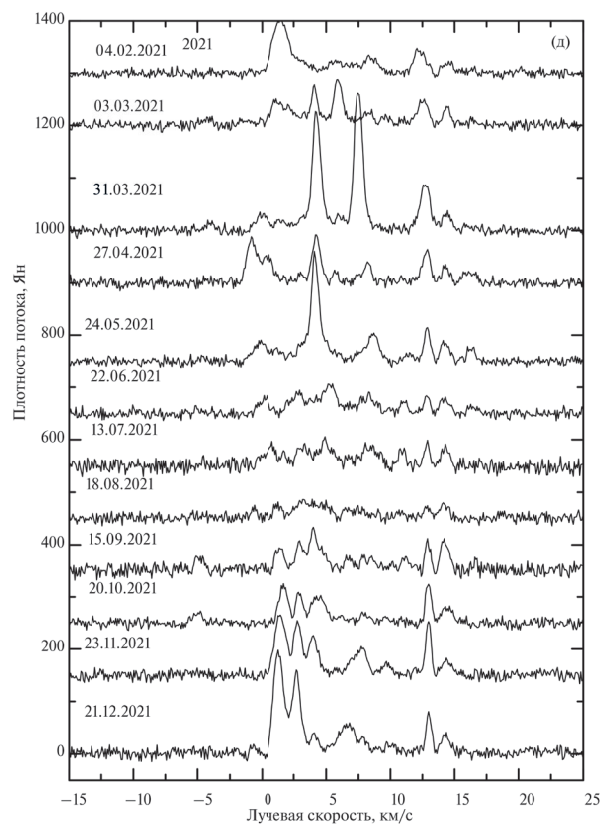


Рис. 5. Продолжение. То же, что на рис. 1, для 2021 г.

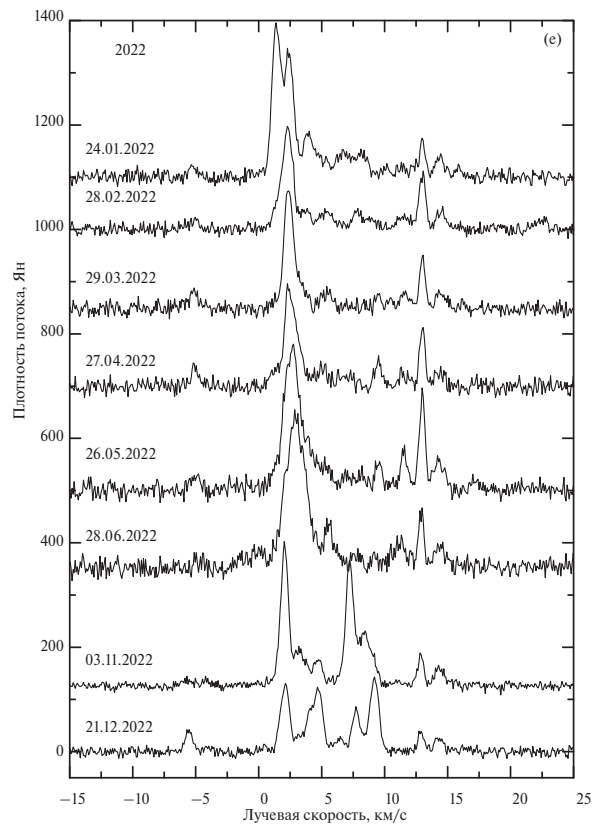


Рис. 6. Продолжение. То же, что на рис. 1, для 2022 г.

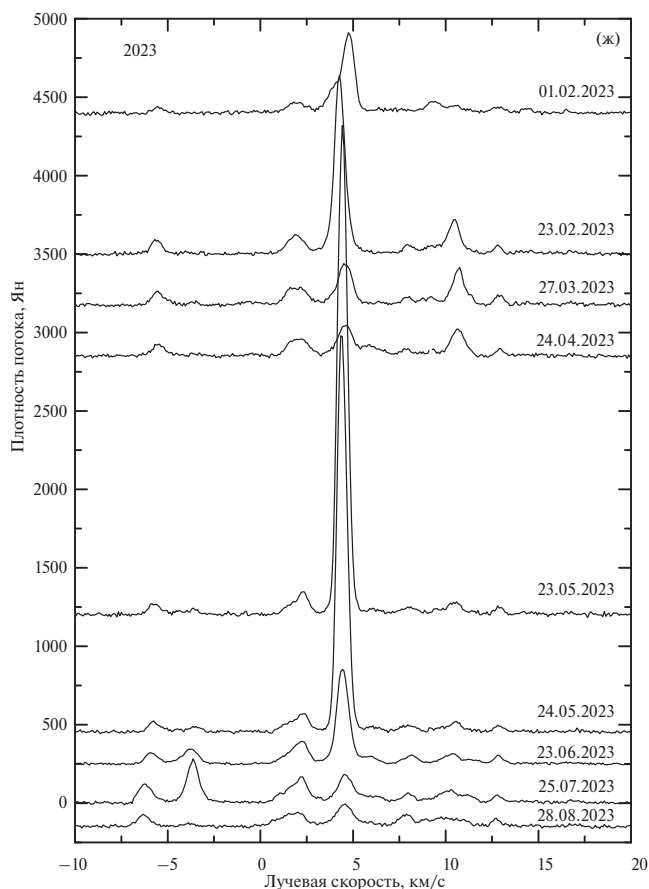


Рис. 7. Окончание. То же, что на рис. 1, для 2023 г.

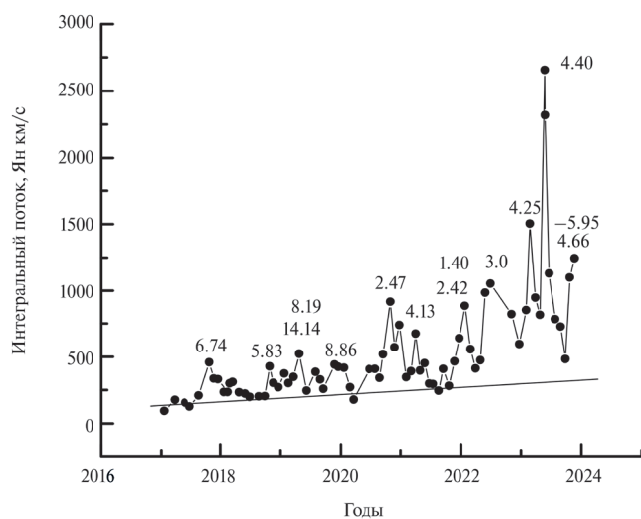


Рис. 8. Переменность интегрального потока мазерного излучения H_2O в направлении S255 IR. Для каждого максимума указаны лучевые скорости наиболее интенсивных деталей.

Излучение в линии гидроксила в S255 IR по наблюдениям в 2008 г. не было обнаружено с верхним пределом около 0.1 Ян. Результаты наблюдений OH в 2015, 2023 и 2024 гг. в главных линиях 1665 и 1667 МГц представлены на рис. 10–12 и 13–15 соответственно. На верхних панелях (а) показаны спектры в круговых поляризациях. На панелях (б) представлен параметр Стокса V , определяемый как разность излучения в правой и левой круговых поляризациях. При регистрации линейной поляризации сначала принимается сигнал из двух ортогональных направлений 0° и 90° (панели в), а затем после поворота облучателя антенны на 45° из направлений 45° и 135° (панели г).

4. ДИСКУССИЯ

4.1. Мазерное излучение водяного пара

Выделенные детали в спектрах H_2O показали, что детали (точнее мазерные конденсации, ответственные за излучение) существуют длительное время, но существенно меняется их активность и, нередко, в большом диапазоне интенсивностей.

За период мониторинга в 2017–2023 гг. наблюдалось большое число вспышек разной интенсивности и продолжительности. Увеличение потока мазера может быть непосредственно вызвано столкновениями в джете, который выброшен из звезды и излучает в радио континууме. Согласно Хирото и др. [14] возможно, что изменение излучения мазера воды, наблюдаемое в ходе их мониторинга, вообще не связано со вспышкой аккреции, последствия которой наблюдались в других индикаторах.

Несмотря на частые вспышки, происходящие на разных лучевых скоростях, все же просматривается некоторая периодичность в переменности интегрального потока. Скорее всего можно говорить о чередовании максимумов и минимумов мазерной активности, что связано с нестационарными процессами формирования центральной звезды большой массы в S255 IR.

Большинство деталей имеют дрейф по лучевой скорости. Существенно преобладает дрейф в сторону уменьшения лучевой скорости. Причиной дрейфа может быть существование собственного движения мазерных конденсаций в джете, а также возможно влияние турбулентных движений вещества.

Главная эмиссионная деталь согласно Хирото и др. [14] имела лучевую скорость 6.4 км/с, которая со временем уменьшалась. Наблюдаемое увеличение потока этой детали в 2017–2018 гг. по мнению авто-

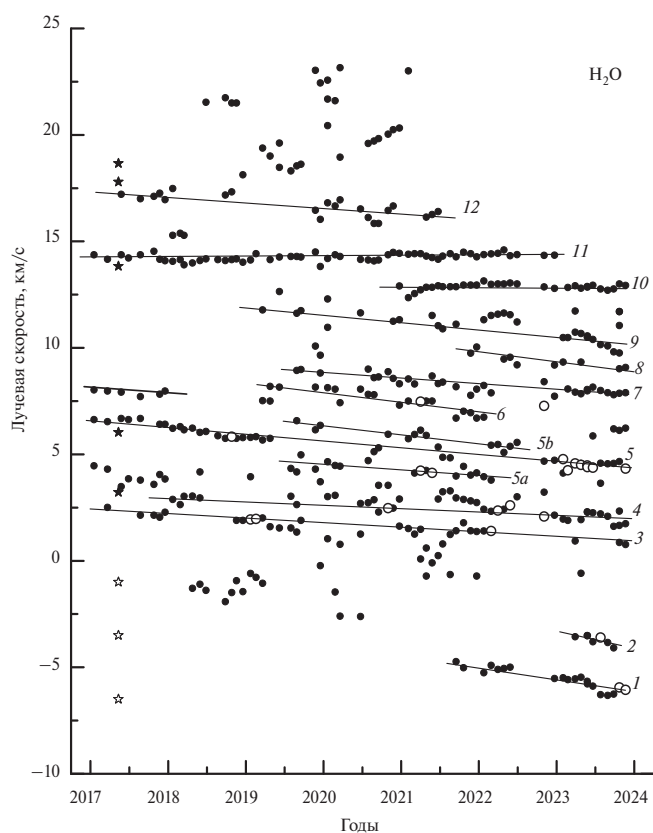


Рис. 9. Переменность лучевой скорости отдельных эмиссионных деталей в спектрах H_2O . Большими светлыми кружками отмечены детали в те эпохи, когда их плотность потока превышала 200 Ян. Переменность скорости наиболее интенсивных деталей аппроксимированы отрезками прямых линий и эти детали пронумерованы от 1 до 12. Слева звездочками показаны положения деталей H_2O на эпоху 14 мая 2017 г., взятые из работы [14, табл. 4]. Затемненными звездочками показаны мазеры, наблюдаемые на частоте 22 ГГц, а светлыми звездочками — на частоте 321 ГГц.

ров может быть вызвано расширяющейся струей, в которой расположена эта деталь. Наш мониторинг показывает, что со второй половины 2017 г. до конца 2018 г. поток действительно более или менее сохранялся на одном уровне (см. рис. 16), но при этом произошли две относительно небольшие вспышки. В декабре 2017 г. плотность потока в максимуме первой вспышки составила 210 Ян, а в октябре 2018 г. для второй вспышки чуть больше, 230 Ян. После этой вспышки началось быстрое падение потока и, особенно, в 2019 г., когда произошло существенное падение излучения до минимально обнаружимого значения ($\sim 5 - 10$ Ян) и имело место дальнейшее уменьшение лучевой скорости (см. рис. 3 и 4).

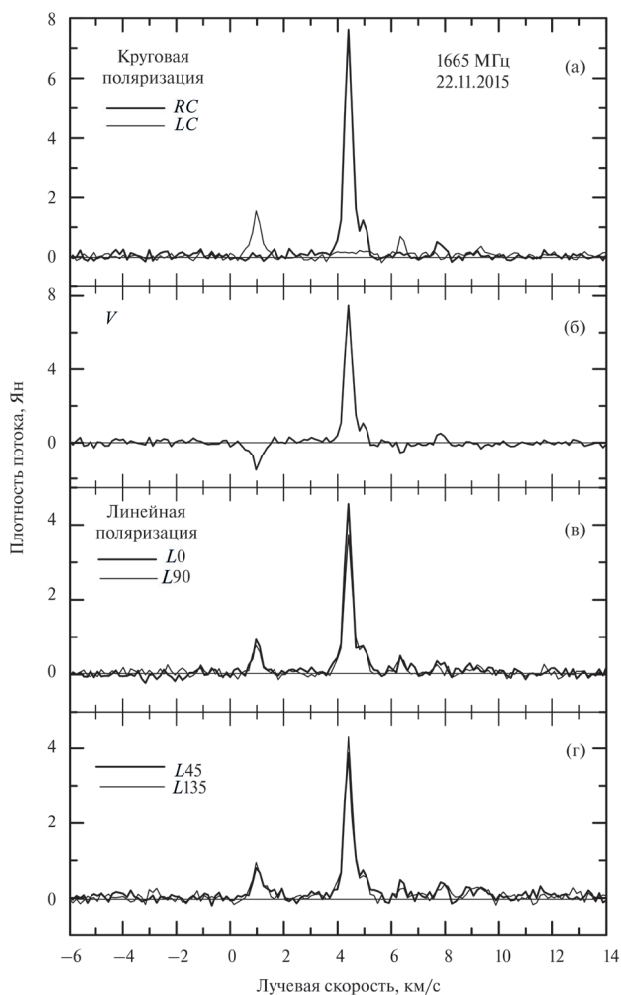


Рис. 10. Спектры мазерного излучения ОН в главной линии 1665 МГц в направлении S255 IR в эпоху 22 ноября 2015 г. На верхней панели (а) показаны спектры в правой (жирная линия) и левой (тонкая линия) круговых поляризациях. На панели (б) дан параметр Стокса V . На остальных панелях даны спектры в линейной поляризации при положениях плоскости поляризации антенны (РА) 0° , 45° , 90° и 135° .

С июня 2019 г. по октябрь 2022 г. излучение этой детали появлялось лишь эпизодически.

Но в дальнейшем в области этой лучевой скорости спектр был достаточно сложным. С начала 2023 г. наблюдалась серия трех последовательных сильных вспышек (см. рис. 7 и 16). Первая имела скорость 4.76 км/с и плотность потока 510 Ян. Вторая кратковременная вспышка произошла на скорости 4.3 км/с с плотностью потока в максимуме около 1000 Ян. Третья вспышка имела скорость 4.6 км/с, максимальная плотность потока достигала 3100 Ян и вспышка имела большую продолжительность, чем вторая вспышка.

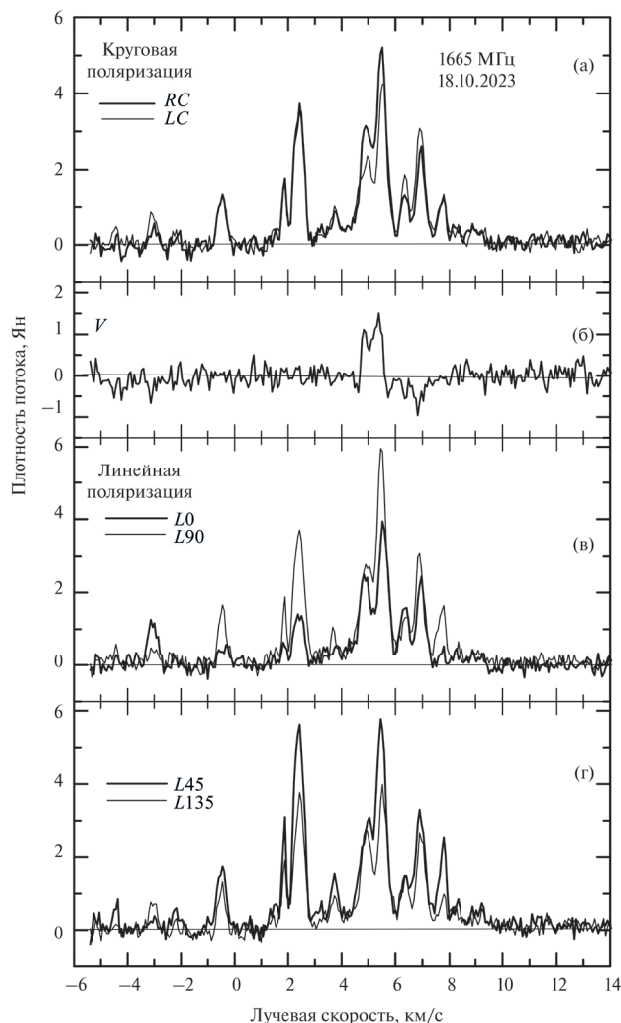


Рис. 11. То же, что на рис. 10, но в эпоху 18 октября 2023 г.

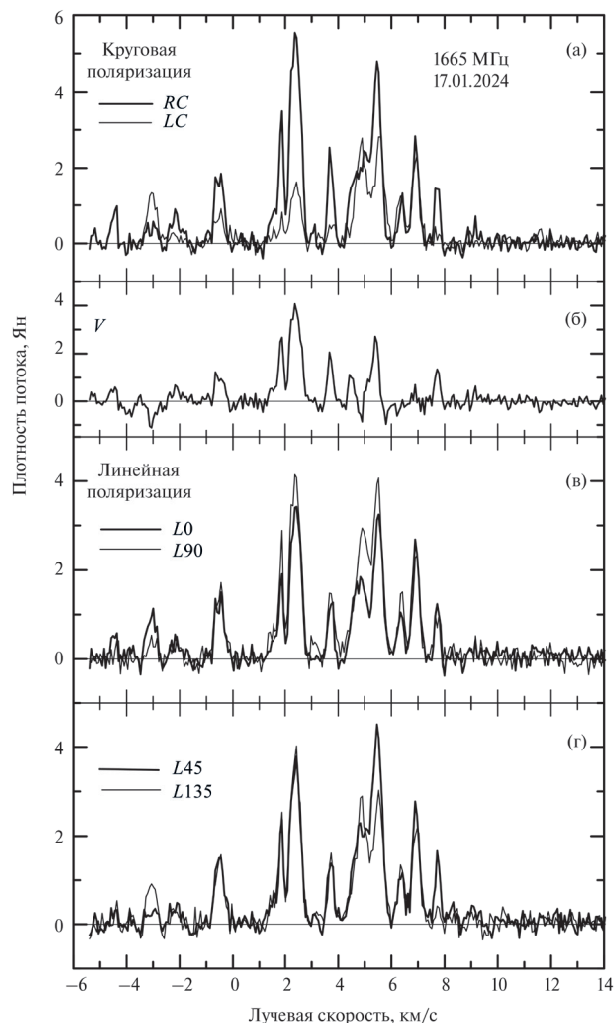


Рис. 12. То же, что на рис. 10, но в эпоху 17 января 2024 г.

4.2. Мазерное излучение гидроксила

Четыре эпохи наблюдений не позволяют точно оценить начало вспышки мазера гидроксила. Важно то, что все катаклизмы в источнике начали происходить с 2015 г. Можно предположить, что это также относится и к гидроксильному мазеру. Главный результат наших наблюдений OH — это существование сильной переменности излучения в обеих главных линиях: 1665 и 1667 МГц.

Если рассматривать картину переменности поляризации для источника в глобальном масштабе (рис. 10–12), то можно утверждать, что в линии 1665 МГц в 2015 г. спектры были достаточно простыми (рис. 10). Имелась сильная круговая, но очень слабая линейная поляризация. Можно считать, что имела место существенная деполаризация мазерного излучения OH , как это имеет место в источнике W51 Main [18]. В 2023 г. спектры существенно изменились

(рис. 11). Они стали более сложными и насчитывали большое число эмиссионных деталей. Степень круговой поляризации существенно уменьшилась, а степень линейной поляризации значительно увеличилась и в некоторых деталях она достигала порядка 40–60%. В 2024 г. произошли сильные изменения параметров поляризации отдельных деталей (рис. 12).

В линии 1667 МГц наблюдалась иная картина эволюции (рис. 13–15). Спектры в 2023 г. стали более простыми, чем в 2015 г., т. е. уменьшилось число деталей, находящихся в активной стадии излучения. Степень круговой и линейной поляризации уменьшилась.

Таким образом к имеющейся информации о вспышках аккреции мы можем добавить, что во время вспышки аккреции в S255 IR в 2015 г. также произошла вспышка мазерного излучения OH в обеих главных линиях.

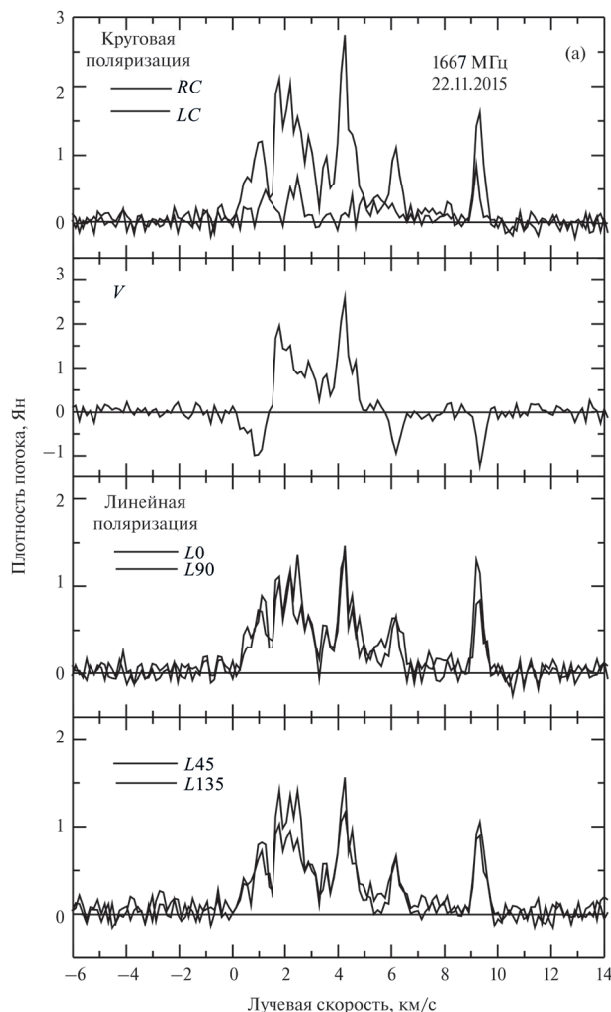


Рис. 13. То же, что на рис. 10, но для линии 1667 МГц в эпоху 20 ноября 2015 г.

На панелях (а), (б) и (в) рис. 17 даны степени круговой (m_C) и линейной (m_L) поляризации и позиционного угла (χ) линейной поляризации отдельных деталей в линиях ОН 1665 и 1667 МГц в различные эпохи наблюдений. Для удобства восприятия графика и его анализа мы учли, что, например, угол -60° — это тот же угол, что 120° . Поэтому мы сделали такие замены. Точки на графиках расположены не хаотично, а имеется некоторая зависимость между параметрами поляризации и лучевой скоростью.

На панелях (г) рис. 17 отрезками прямых линий нанесены векторы поперечного магнитного поля для отдельных мазерных деталей в различные эпохи наблюдений. Имеются два преимущественного направления поперечного магнитного поля: $\sim \pm 30^\circ$ относительно вертикали. В линии 1665 МГц в 2023 г. преобладало одно направление магнитного поля,

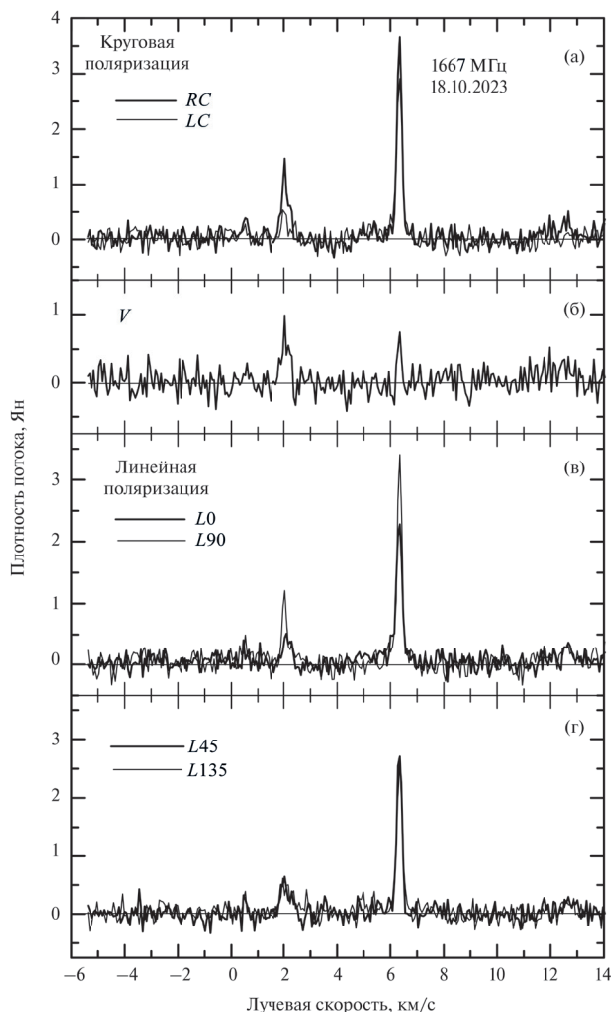


Рис. 14. То же, что на рис. 10, но для линии 1667 МГц в эпоху 18 октября 2023 г.

$\sim +30^\circ$, а в 2024 г. оба направления были более или менее равнозначными. Несмотря на сохранение структуры спектра в линии 1665 МГц, в некоторых деталях за короткое время (не более трех месяцев) произошли существенные изменения направления вектора поперечного магнитного поля на угол около $60^\circ - 70^\circ$.

Зеемановское расщепление было обнаружено только в линии 1667 МГц для одной пары деталей 2.26 и 2.37 км/с. Величина расщепления составила 0.11 км/с. Ему соответствует значение продольного магнитного поля $+0.31$ мГс. Поле направлено к наблюдателю. Анализ других деталей спектров 1665 и 1667 МГц не обнаружил существование других зеемановских пар.

Для двух главных деталей в линии 1665 МГц на их средних лучевых скоростях 4.95 и 5.0 км/с имеется зависимость лучевой скорости от позиционного

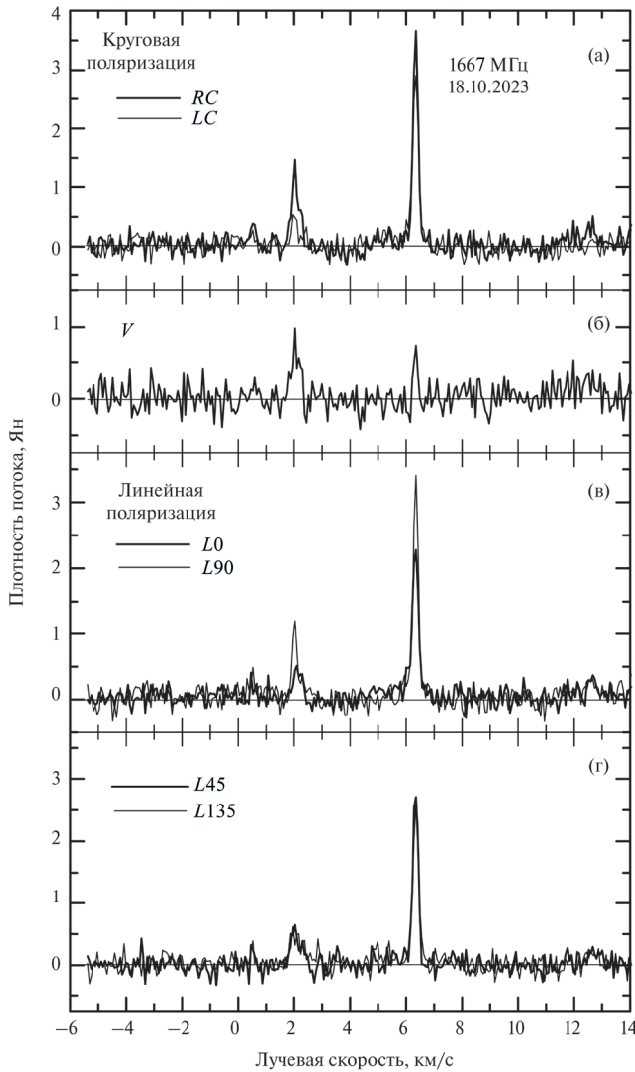


Рис. 15. То же, что на рис. 10, но для линии 1667 МГц в эпоху 17 января 2024 г.

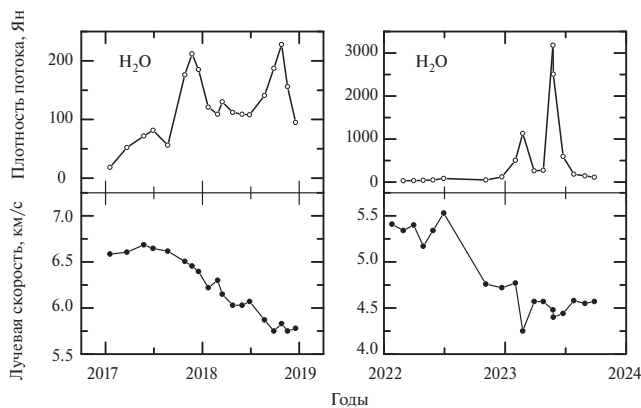


Рис. 16. Переменность плотности потока и лучевой скорости основной детали мазера H_2O .

угла антенны (рис. 18). Изменение скорости деталей происходило в противофазе. Наименьшее расстояние между деталями наблюдалось при позиционном угле антенны $\chi = 75^\circ$. Такая картина наблюдалась для двух эпох 2023 и 2024 гг., что не может быть случайностью. Обращаем внимание на то, что в круговых поляризациях проявляется сложная структура каждой из этих спектральных деталей. Таким образом, можно предположить, что наблюдаемое явление связано с неоднородной структурой мазерных конденсаций, либо с компактным скоплением конденсаций с достаточно близкими лучевыми скоростями. По этой причине наблюдаемый сдвиг максимумов спектров между круговыми поляризациями не является следствием зеемановского расщепления линии.

Вспышки мазерного излучения OH и существенные изменения структуры спектров в 2023 и 2024 гг., а также серия вспышек H_2O в 2023 г. могут быть связаны с очередной вспышкой аккреции в S255 IR.

5. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Перечислим основные результаты, полученные в настоящей работе из мониторинга мазера H_2O в линии 1.35 см в Пушино (Россия) и из поляризационных наблюдений в линиях молекулы OH на длине волны 18 см в Нансэ (Франция), области активного звездообразования S255 IR, в которой формируется молодая звезда с большой массой (S255 NIRS 3).

- Мониторинг в период 2017–2023 гг. показал, что мазерное излучение H_2O имеет вспышечный характер.
- Интегральный поток H_2O меняется циклически с периодом примерно один год.
- Наблюдается дрейф большинства деталей и, как правило, в направлении уменьшения лучевой скорости.
- В линиях OH 18 см в 2008 г. излучение не было обнаружено. Наблюдалось излучение OH в главных линиях 1665 и 1667 МГц в 2015, 2023 и 2024 гг.
- Структуры спектров, степени круговой и линейной поляризаций сильно различались в эти эпохи. Однако, при этом векторы поперечного магнитного поля имели преимущественно два направления: $\sim \pm(30^\circ - 40^\circ)$ относительно вертикали, т. е. почти перпендикулярно джету или вдоль него.

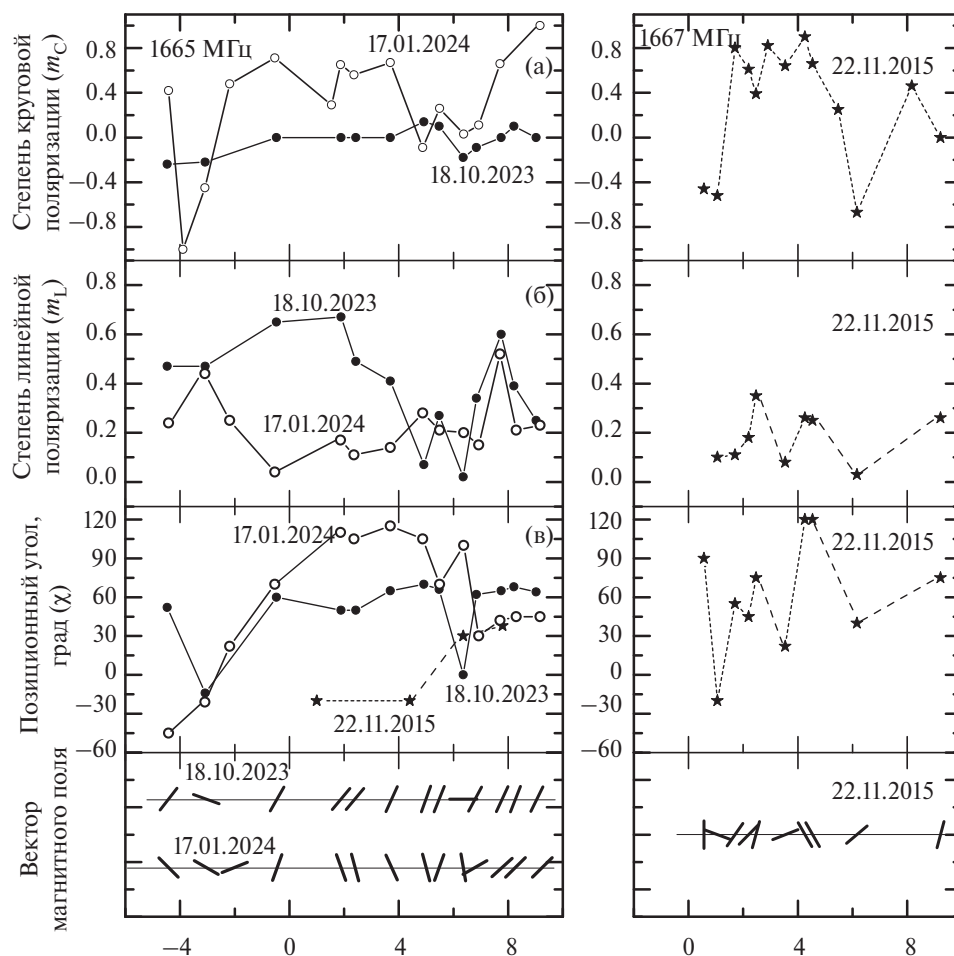


Рис. 17. Графики степени круговой (а) и линейной (б) поляризации, позиционного угла (в) линейной поляризации отдельных деталей в линиях ОН 1665 и 1667 МГц, а также направления векторов поперечного магнитного поля для отдельных мазерных деталей в различные эпохи наблюдений (г).

- Зеемановское расщепление обнаружено только в линии 1667 МГц для одной пары деталей 2.26 и 2.37 км/с (расщепление 0.11 км/с). Величина продольного магнитного поля составляет 0.31 мГс и поле направлено к наблюдателю.
- Вспышки мазерного излучения ОН и существенные изменения структуры спектров в 2023 и 2024 гг., а также серия вспышек H_2O в 2023 г. могут быть связаны с очередной вспышкой аккреции в S255 IR.

Большой интерес представляет мониторинг мазеров в S255 IR для выявления возможных вспышек аккреции, а также наблюдения ОН с высоким пространственным разрешением для выявления возможной структуры, которую могут образовывать мазерные конденсации ОН и, следовательно, структуры магнитного поля и его эволюции.

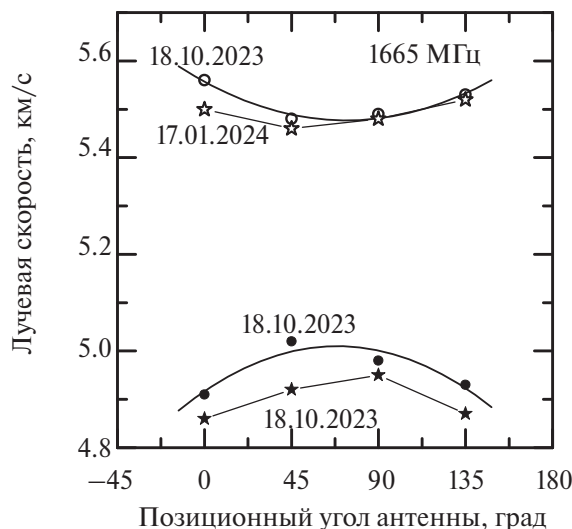


Рис. 18. Зависимость лучевой скорости двух деталей в линии ОН 1665 МГц от позиционного угла антенны.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Радиоастрономической обсерватории в Пушино и радиоастрономической обсерватории в Нансэ (Франция) за большую помощь в проведении наблюдений по программе многолетнего мониторинга источников мазерного излучения H₂O на радиотелескопе РТ-22 и OH на Большом радиотелескопе в Нансэ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. R. A. Burns, T. Handa, T. Nagayama, K. Sunada, and T. Omodaka, *Monthly Not. Roy. Astron. Soc.* 460(1), 283 (2016).
2. T. R. Hunter, C. L. Brogan, G. MacLeod, C. J. Cyga-owski, et al., *Astrophys. J. Letters* 837(2), id. L29 (2017).
3. M. P. Miralles, L. Salas, I. Cruz-González, and S. Kurtz, 488(2), 749 (1997).
4. K. Y. Lo and B. F. Burke, *Astron. and Astrophys.* 26, 487 (1973).
5. B. E. Turner, *Astrophys. Letters* 8, 73 (1971).
6. N. J. Evans, II, R. M. Crutcher, and W. J. Wilson, 206, 440 (1976).
7. O. S. Bayandina, I. E. Val'ts, S. E. Kurtz, and N. N. Shakhvorostova, *Astrophys. J. Supp.* 256(1), id. 7 (2021).
8. A. Baudry, J. F. Desmurs, T. L. Wilson, and R. J. Cohen, *Astron. and Astrophys.* 325, 255 (1997).
9. A. D. Haschick, K. M. Menten, and W. A. Baan, 354, 556 (1990).
10. K. M. Menten, *Astrophys. J. Letters* 380, L75 (1991).
11. R. P. Norris, J. B. Whiteoak, J. L. Caswell, M. H. Wieringa, and R. G. Gough, 412, 222 (1993).
12. A. Caratti o Garatti, B. Stecklum, R. Garcia Lopez, J. Eisloffel, et al., *Nature Phys.* 13(3), 276 (2017).
13. L. Moscadelli, A. Sanna, C. Goddi, M. C. Walmsley, et al., *Astron. and Astrophys.* 600, id. L8 (2017).
14. T. Hirota, R. Cesaroni, L. Moscadelli, K. Sugiyama, R. A. Burns, J. Kim, K. Sunada, and Y. Yonekura, *Astron. and Astrophys.* 647, id. A23 (2021).
15. М. И. Пащенко, Е. Е. Лехт, И. И. Берулис, *Астрон. журн.* 78(8), 696 (2001).
16. В. И. Слыш, М. И. Пащенко, Г. М. Рудницкий, В. М. Витрицак, П. Колом, *Астрон. журн.* 87(7), 655 (2010).
17. Н. Т. Ашимбаева, Е. Е. Лехт, М. И. Пащенко, В. В. Краснов, А. М. Толмачев, *Астрон. журн.* 99(8), 628(2022).
18. V. L. Fish and M. J. Reid, *Astrophys. J. Suppl.* 164(1), 99 (2006).

STUDY OF H₂O AND OH MASERS IN THE REGION FORMATION OF A YOUNG HIGH MASS STELLAR OBJECT (S255 NIRS 3)

N. T. Ashimbaeva¹, E. E. Lekht^{1,*}, V. V. Krasnov², V. R. Shoutenkov³

¹Lomonosov Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia

²Astrospace Center of the P. N. Lebedev Physical Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Pushchino Radio Astronomy Observatory,

Astrospace Center of the P. N. Lebedev Physical Institute of Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

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

The results of a study of a star formation region are presented. S255 IR, where a young high-mass star is forming (20 M_⊙). Observations in H₂O were carried out on RT-22 in Pushchino, and in the OH lines at the Large Radio Telescope in Nance (France). Data observations in the H₂O line at 1.35 cm were used for the period 2017–2023. Our observations in H₂O showed the existence strong flares, especially in 2023. Drift was also observed emission by radial velocity for most spectral details and predominantly in the direction of decreasing radial velocity. In OH lines 18 cm in 2008 no emission was detected. We observed OH emission in the main lines 1665 and 1667 MHz in 2015, 2023 and 2024. Structures of spectra, degrees of circular and linear polarizations varied greatly during these epoch. However, at the same time the longitudinal magnetic field vectors had predominantly two directions: $\sim \pm(30^\circ - 40^\circ)$ relative to the vertical, i. e. almost perpendicular to the jet or along it. Zeeman splitting was detected only in the 1667 MHz line for one pair of features: 2.26 and 2.37 km/s. The amount of splitting 0.11 km/s corresponds to a longitudinal magnetic field value of 0.31 mGs; the field is directed towards the observer. It is assumed that the appearance of OH maser emission in 2015 associated with an accretion flares. Significant structure changes OH spectra, their degrees of polarization and very strong flares H₂O maser in 2023 may be associated with a new possibility accretion flares in S255 IR.

Keywords: star formation, H₂O and OH masers, molecular clouds and bipolar outflows, magnetic field, individual objects (S255 IR).