

ПЕКУЛЯРНЫЙ СПЕКТР РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ МАЗЕРА ВОДЯНОГО ПАРА В ТЕМНОЙ ТУМАННОСТИ MSXDCG24.33+011 (G24.33+014)

© 2023 г. И. Е. Вальтц^{1,*}

¹Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Астрокосмический центр, Москва, Россия

*E-mail: ivaltts@asc.rssi.ru

Поступила в редакцию 21.04.2023 г.

После доработки 15.09.2023 г.

Принята к публикации 19.09.2023 г.

Гигантские молекулярные облака (GMC) в нашей и других галактиках и небольшие плотные молекулярные облака внутри Галактики (IRDC) в силу гравитационной неустойчивости формируют ядра, в которых образуются массивные звезды и скопления маломассивных звезд. Высокий фон инфракрасного излучения внутри Галактики создает преимущества в пользу IRDC в исследовании процессов звездообразования и сопровождающих их явлений — таких, как аккреция, появление зон НII, биполярных потоков и других, вызывающих разнообразные отклики в их молекулярном составе. В рамках изучения эволюционного состояния в облаке IRDC MSXDCG24.33+011 (другое наименование G24.33+014) были проведены наблюдения мазера водяного пара. На телескопе РТ-22 Пущинской радиоастрономической обсерватории 28 ноября 2022 г. зафиксировано появление новой детали в спектре мазерной линии H_2O на скорости на луче зрения $V_{\text{LSR}} = 103.15$ км/с с потоком в пике $49.5(\pm 6)$ Ян при ширине линии по половине мощности интенсивности 0.52 км/с. Данная деталь не была обнаружена на РТ-22 5 июля 2022 г. и не наблюдалась ранее другими исследователями.

Ключевые слова: инфракрасные темные облака, мазеры H_2O — MSXDCG24.33+0.11 — наблюдения на одиночном телескопе РТ-22 (ПРАО)

DOI: 10.31857/S0004629923120137, **EDN:** CSBJUU

1. ВВЕДЕНИЕ

Межзвездная среда Галактики — естественный резервуар разнообразных физических явлений, сопровождающих образование и эволюцию внедренных в нее астрономических объектов, наиболее фундаментальными из которых являются межзвездные облака — скопления пыли и газа нерегулярной формы. До некоторого времени внимание преимущественно уделялось так называемым гигантским облакам GMC (giant molecular cloud), в которых формируются области звездообразования и зарождаются звезды. Интересы стали изменяться по мере развития технических возможностей и расширения диапазона приемной аппаратуры — от низких частот к более высоким.

Были проведены обзоры плоскости Галактики в рамках работы космических телескопов 1) SPIRIT III — в среднем инфракрасном диапазоне (8.3–21.3 мкм), эксперимент MSX (Mid-course Space Experiment) (Милл и др. [1], Саймон и др. [2]); 2) Spitzer — с инструментами а) камера IRAC (Infrared Array Camera), диапазон (3.6, 4.5, 5.8, 8 мкм), обзор GLIMPSE (The Galactic Legacy Infrared Mid-Plane Survey Extraordinaire); б) фотометр MIPS, обзор MIPS GAL (Multiband Imaging

Photometer for Spitzer), диапазон (24, 70, 160 мкм). Подробнее см. “A catalogue of Spitzer dark clouds” (Перетто и др. [3] и ссылки в этой работе).

Эти обзоры выявили многочисленные области понижения яркости фона Галактики (см., например, Баттерсби и др. [4] и ссылки в этой работе). По мере накопления наблюдательных данных выяснилось, что в таких темных в инфракрасном диапазоне облаках (Infrared Dark Clouds) происходит звездообразование, которое сопровождается типичными для подобных процессов явлениями. Предположительно, в стадии до возникновения протозвезд начинается постепенная фрагментация массы облака IRDC в так называемые сгустки (clump; этот термин впервые был использован в обзорном докладе [5] по отношению к структуре GMC) и внутренние “дозвездные” ядра (cores; более поздний термин, возникший в процессе исследования структуры IRDC). Известно, в частности, что по мере роста массы ядра (аккреционный процесс) в таком “дозвездном” объекте периодически возникает сброс излишков вещества, который выражается в резком росте интенсивности ряда молекулярных линий — в том числе, паров воды и метанола — в окружающей

среде (см. например, МакКарти и др. [6] и ссылки в этой работе).

Исследование эволюционных процессов — одно из самых популярных направлений современной радиоастрономии. Но, например, такое явление, как аккреция — важнейший элемент в этих процессах — редко удается зафиксировать наблюдениями, в которых не предполагается длительный мониторинг.

Наиболее впечатляющий результат именно длительного мониторинга был получен в наблюдениях на РТ-22 Пушинской радиоастрономической обсерватории (ПРАО) ФИАН: в марте 2016 г. было установлено наличие мощной вспышки мазера H_2O в области звездообразования G25.65+1.05 (далее G25.65) до 46000 Ян (Лехт и др. [7]), а в августе 2017 г. поток в этом источнике достиг значений 60000 Ян (наблюдения на РТ-22 в Крымской астрофизической обсерватории и одновременно на РТ-26 Радиоастрономической обсерватории в Хартбишоке (Южно-Африканская Республика) (Вольвач и др. [8])).

На основании анализа результатов наблюдений источника G25.65, представленных группой ученых из АКЦ ФИАН на очередном симпозиуме Международного астрономического союза в 2017 г. (Шахворостова и др. [9]), было организовано международное радиоастрономическое сообщество m2o (Maser Monitoring Organization), которое на сегодня насчитывает около 100 участников. К настоящему времени по инициативе m2o выполнено множество непрерывных наблюдений с целью мониторинга областей образования звезд, в которых можно ожидать возникновения активности аккреционного процесса в формирующейся массивной протозвезде. Несмотря на уникальность появления подобных вспышек, с 2019 г. удалось зафиксировать и изучить около 20 подобных событий, в том числе, на РТ-22 Пушинской радиоастрономической Обсерватории и на РТ-22 Крымской астрофизической обсерватории (Симеиз), см., например, Вольвач и др. [10], Ашимбаева и др. [11], Вольвач и др. [12].

Темное в инфракрасном диапазоне облако (туманность) G24.33+0.11 (другие обозначения MSXDCG024.33+0.11 или G24.33+0.14, далее G24.33) относится именно к такому типу объектов. В данной работе мы представляем наблюдения этого источника в линии молекулы водяного пара H_2O , в спектре которого удалось зафиксировать необычный всплеск.

2. НАБЛЮДЕНИЯ

Наблюдения источника G24.33 на 13.5 мм были выполнены на 22-м радиотелескопе Пушинской радиоастрономической обсерватории на частоте 22.235 ГГц 5 июля и 28 ноября 2022 г. на ко-

ординатах наведения $\text{RA}(J2000)_{h35^m07.90''}$, $\text{Dec}(J2000) = -7^\circ 35' 04.00''$ и при принятом значении величины лучевой скорости в местной системе покоя $V_{\text{LSR}} = 113.84$ км/с.

Ширина диаграммы направленности телескопа составляла $2.6'$, эффективная площадь была принята равной 110 м^2 . Вариант приемника, который использовался в июльских наблюдениях, имел шумовую температуру 250–400 К, в ноябрьских наблюдениях использовался новый приемник, который имел шумовую температуру 110–180 К. Шумовая температура системы контролировалась в ходе наблюдений. При накоплении сигнала применялась диаграммная модуляция с угловым расстоянием между лучами диаграммы $23'$. Для получения спектров использовался 2048-канальный автокорреляционный спектрометр, который обеспечивал частотное разрешение 6.1 кГц, что соответствует разрешению по скорости 0.0823 км/с. Общее описание приемной системы было приведено ранее в публикации Берулиса и др. [13].

3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты наблюдений мазера H_2O на РТ-22 в ПРАО представлены в табл. 1. Для двух сессий наблюдений в этой таблице приводится скорость на луче зрения для каждой зафиксированной детали, ширина линии по половине мощности интенсивности, поток в пике линии, среднеквадратическое значение шума вне линии (RMS), и в последнем столбце — время накопления сигнала в часах. В скобках приведены в единицах последнего знака формальные ошибки параметров, которые определены при аппроксимации по методу наименьших квадратов.

На рис. 1 представлены соответствующие спектры H_2O за период первой и второй сессии. Из анализа спектров можно заключить следующее. В первую сессию были обнаружены 4 компонента линии (см. табл. 1), самый яркий из которых с потоком 23.3 Ян на скорости 39.75 км/с во вторую сессию не проявился. Слабый компонент на скорости ~ 43 км/с стал немного ярче и уже. Компонент на ~ 111 км/с в пределах ошибок повторился примерно с тем же потоком и шириной. Вторая по яркости узкая деталь на скорости 124.7 км/с во вторую сессию не повторилась. Во вторую сессию спектр изменился значительно. Появились две хорошо выраженные группы, которые в первой сессии как группы выделялись слабо. В первой группе (на скорости < 50 км/с) появилось больше узких деталей (ширина каждой детали не более 1 км/с) примерно одинаковой, хотя и не очень высокой (< 10 Ян) интенсивности. При этом во второй группе четко обозначились четыре близких по скорости на луче зрения линии

Таблица 1. Результаты наблюдений мазера $\text{H}_2\text{O}(6_{16}-5_{23})$ в источнике G024.33 на РТ-22 в ПРАО в 2022 г.

Сессия	V_{LSR} (км/с)	ΔV (км/с)	F_{peak} (Ян)	RMS (Ян)	T_{obs} (ч)
I 5 июля 2022 г.	39.75	1.01	23.3(7)	3.3	1.2
	43.5(2)	1.15(5)	6(7)		
	111.48(7)	0.88(4)	12.2(8)		
	124.70(4)	0.48(3)	14.5(1.0)		
II 28 ноября 2022 г.	43.41(4)	0.70(3)	9.3(5)	2.0	1.6
	45.98(5)	0.95(5)	8.9(4)		
	49.17(6)	0.59(5)	6.1(5)		
	51.81(5)	0.52(4)	6.2(5)		
	55.36(7)	0.53(4)	4.6(5)		
	100.70(6)	0.93(5)	8.9(5)		
	103.15(1)	0.52(2)	45.9(6)		
	104.60(8)	0.59(3)	7.8(7)		
	108.00(1)	0.60(5)	2.7(6)		
	111.33(2)	0.52(5)	13.1(5)		

(средняя скорость группы ~ 104 км/с), одна из которых на лучевой скорости 103.15(1) км/с имеет величину потока 45.9(6) Ян.

Новая деталь, зафиксированная на скорости 103.15 км/с (в таблице параметры этой линии выделены рельефным шрифтом), ранее не наблюдалась (см. набор спектров H_2O , представленный в

базе данных <https://maserdb.net/> [14]). В табл. 2 выписаны значения потоков и скоростей для наиболее характерных спектров H_2O .

Отметим, что деталь спектра H_2O на лучевой скорости 111 км/с присутствует как в наблюдениях 2022 г. (и в июле, и в ноябре) (см. табл. 1), так и в спектрах 2008–2010 гг. (см. табл. 2), при этом

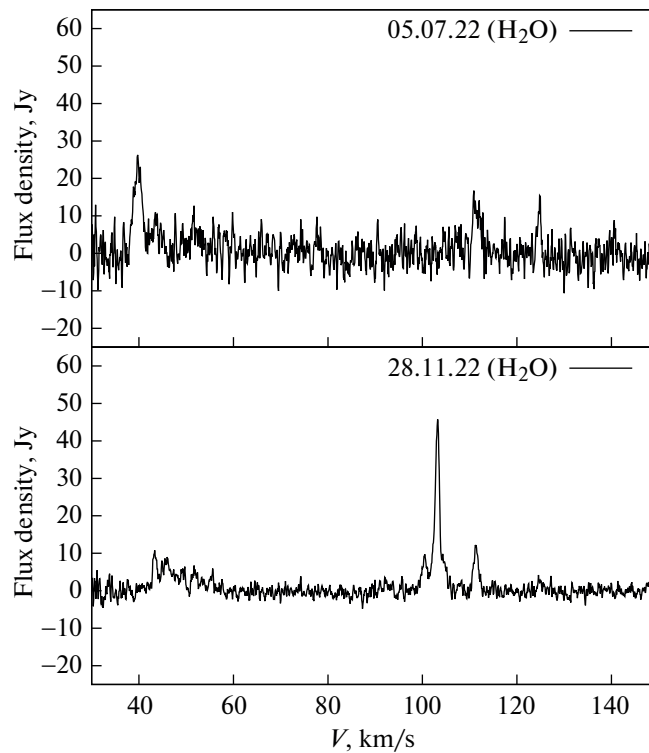
**Рис. 1.** Спектры мазера H_2O в источнике G024.33, полученные на РТ-22 в ПРАО в 2022 году.

Таблица 2. Значения потоков и скоростей для спектров H_2O в источнике G024.33+00.11 (G024.33+00.14) в разные периоды наблюдений из базы данных <https://maserdb.net/> и в наблюдениях 2019 г.

Дата наблюдений	V_{LSR} (км/с)	F_{peak} (Ян)	Ссылка
2023 г., август 12–15, 19	61.7	7.4	Шимчак и др. [33]
2008–2010 гг., август	110.9	16.3	Уолш и др. [34]
2008–2010 гг.	110.9	12.5	Цыгановская и др. [35]
2019 г.			
27 сентября–27 октября	125.1	8	Кобак и др. [16]
2 декабря	124.8	9.39	
2019 г., ноябрь 26, 27	124.8	28.2	Маккарти и др. [6]

плотность потока — 12–16 Ян — на этой скорости примерно постоянна. Важные и интересные дополнительные наблюдения мазера H_2O , выполненные в сентябре–декабре 2019 г. (выделены в табл. 2 курсивом), обсуждаются ниже. Из рассмотрения данных, представленных в табл. 1 и 2, следует, что появление новой яркой мазерной детали на скорости 103.15 км/с в ноябре 2022 г. (увеличение яркости в десятки раз) требует внимательного анализа.

4. ДИСКУССИЯ

Область G24.33 в течение многих лет находится в сфере интересов многих наблюдателей, изучающих ее как в линиях H_2O , так и в линиях метанола. На основании 10 серий успешных наблюдений метанольного мазера II класса (сПММ) за период с 1992 по 2018 г. в базе данных <https://maserdb.net/> для этого периода представлены 2 спектра на частоте 12.2 ГГц и 8 спектров на частоте 6.6 ГГц. По этим спектрам можно сделать вывод, что на скорости 103 км/с на частотах сПММс излучение не наблюдалось.

В 2019 г. появилось сообщение об обнаружении вспышки в метанольном мазере на частоте 6.7 ГГц на скорости на лучевой скорости 115 км/с: поток в указанном компоненте линии увеличился дважды — в 2.5 и в 5 раз за 80 дней. Наблюдения проводились на однозеркальном 32-м радиотелескопе в Торуни (Республика Польша) (Волак и др. [15]). Дополнительные наблюдения излучения метанола и водяного пара в этом источнике были выполнены в течение трех месяцев в сентябре–ноябре 2019 г. на интерферометрических сетях VLBA (Very Long Base Array, USA), EVN (European VLBI Network) и LBA (Long Base Array, Australia) с участием РТ-32 в Торуни (Кобак и др. [16]). Эти наблюдения проводились с целью выявить особенности пространственной структуры и эволюции мазеров метанола и водяного пара в период вспышки в метанольном мазере, о которой в 2019 г. сообщалось в телеграмме [15].

В линии водяного пара были обнаружены две компактные структуры, расположенные в центральной части источника. “Южная” структура вытянута вдоль оси биполярного потока с градиентом скорости от 124 до 127 км/с (см. сравнения в табл. 1 и 2). Другая компактная структура, соответствующая лучевым скоростям 122–123 км/с, расположена севернее, и можно проследить переходной мост между этими структурами на скорости 124 км/с (см. сравнения в табл. 1 и 2). Эта мазерная деталь присутствует в спектре H_2O , полученном в ПРАО 5 июля 2022 г., и заметно ослабевает 28 ноября, однако деталь мазера H_2O , зафиксированная на РТ-22 в ПРАО на скорости $V_{\text{LSR}} = 103.15$ км/с в ноябре 2022 г., не была зафиксирована и была обнаружена существенно позже наблюдений 2019 г., представленных в работе Кобак и др. [16].

Основные причины изменений интенсивности молекулярных линий в областях формирования протозвезд, которые начали обсуждать более полувека тому назад и продолжают обсуждать в настоящее время, это столкновение облаков и аккреционные процессы. Выводы касались процессов формирования как маломассивных, так и массивных протозвезд. Значительную роль при этом играли исследования в инфракрасных диапазонах в линиях HCN, CO и молекулярного водорода на длине волны 2 мкм.

В качестве примера можно привести наблюдения в Австралии (РТ-22, Мопра) и в Чили (РТ-10, ASTE, Atacama Sub-millimeter Telescope Experiment), в которых обнаружено слияние двух облаков в хорошо известной галактической туманности Trifid Nebula M20 (Торий и др. [17]). Процесс столкновения между двумя компонентами этих облаков (cloud-cloud-collision, CCC) сжимает вещество между ними, формируя скопление массивных звезд. Молекулярные линии радио и инфракрасного диапазона ^{12}CO , ^{13}CO , $J = 1-0$ (115.3 ГГц, РТ-22) и ^{12}CO , $J = 3-2$ (345.8 ГГц, РТ-10) указывают на наличие трех молодых звездных объектов (young stellar object, YSO).

Подобные наблюдения были проведены для туманности S44 на тех же телескопах в тех же линиях, а также на еще одном радиотелескопе, также установленном в Чили — NANTEN2 (4-m millimeter/sub-millimeter radio telescope, Nagoya University) (Кохно и др. [18]). Наблюдалась два облака, которые сталкиваются друг с другом, создавая сжатый слой. В наиболее плотной части сжимаемой среды формируются звезда большой массы и окружающая ее структура в форме пузыря (bubble).

В одной из последних работ на эту тему (см. Ямада и др. [19]) были привлечены архивные данные наблюдений в линиях ^{12}CO и ^{13}CO в туманности Sh2-233, полученные на телескопе SMT (Submillimeter Telescope) в радиообсерватории в штате Аризона, США. По аналогичному сценарию два облака сталкиваются друг с другом и сжимают расположенный между ними газ. Перпендикулярно столкновению наблюдается нитевидное волокно (filament) с двумя плотными ядрами, одно из которых содержит источник IRAS 05358+3543, являющийся кандидатом в прото-звезды большой массы. Источник IRAS 05358+3543 — центральный объект структуры S233, который входит в комплекс большой области звездообразования S231-S235. Эта область наблюдалась в Пушинской радиоастрономической обсерватории (Ладейщиков и др. [20]) — IRAS 05358+3543 назван скоплением молодых звезд S233-IR.

В перечисленных выше работах, в которых обсуждается возможное влияние эффекта CCC на образование массивных звезд, наблюдения в линии H_2O не проводились. Наиболее ранний мониторинг 1143 источников IRAS в этой линии был выполнен на PT-100 в Эффельсберге (Вутерлут и др. [21]). В этой публикации для источника IRAS 05358+3543 приведены параметры линии H_2O , которые указывают на сильное изменение интенсивности в деталях линий H_2O между периодами 1985–1986 и 1988–1991 гг.: всплеск до 100 Ян в 1985–1986 гг., который не повторился в 1988–1991 гг. (в таблицах и на спектрах обозначен как WB681 (см. обзор Вутерлут и Бранд [22])).

В 1998 г. в феврале и в ноябре этот источник наблюдался на 22 ГГц и на 6.7 ГГц также на PT-100 в Эффельсберге (Шридаран и др. [23]). Он характеризуется как массивная протозвезда на очень ранней стадии развития. Получено значение потока в линии H_2O : 45 Ян на скорости между двумя интервалами, приведенными ранее в обзор Вутерлут и др. [21].

Таким образом, уже из этих двух обзоров на PT-100 на примере для S233 можно сделать вывод, что в тех областях, где наблюдается эффект CCC, в спектре линий H_2O наблюдается переменность, которая может быть обусловлена массив-

ной протозвездой, т.е. не связана напрямую с процессом CCC.

В отличие от процесса Cloud-Cloud-Collision, аккреционные процессы являются непосредственной причиной возникновения мазерной активности в окружающей их среде. Аккреционные события — это прирост вещества и сброс его излишков [24]. Первое сообщение об обнаружении вспышки в результате аккреционного события в массивном протозвездном объекте было опубликовано в 2017 г. (Каратти и др. [25]). Вспышка была зафиксирована в метаноле на частоте 6.7 ГГц в направлении области S255 и датируется приблизительно 2015 г. Наблюдения в инфракрасном диапазоне показали, что вспышка произошла в дискообразной структуре вокруг формирующейся массивной звезды. Увеличения яркости отмечены в изображениях в коротковолновом инфракрасном диапазоне на длинах волн 1.65 и 2.16 мкм в источнике S255IR NIRS. На эффект сброса излишков вещества центральной протозвездой указывает структура в виде биполярного оттока вещества, перпендикулярная диску, в которой рассеивается излучение от центрального аккрецирующего источника. Эти выводы были подтверждены более поздними наблюдениями в этом источнике подъема и спада излучения в метанольном мазере на частоте 349.1 ГГц на субмиллиметровой решетке SMA и на решетке миллиметрового/субмиллиметрового диапазона ALMA (Лиу и др. [26]).

В том же 2017 г. была опубликована статья, в которой сообщалось о начале в 2015 г. сильной вспышки в 10 из 15 мазерных переходов от трех видов молекул (H_2O , CH_3OH и OH) в источнике NGC 6334I (Хантер и др. [27]). Сравнение изображений, полученных на решетке SMA на волне 0.87 мм в 2008 г. и на решетке ALMA на 1.1 мм и на 0.87 мм в 2016 г., позволило определить длительность вспышки — примерно 1 год. Избыточное излучение континуума (пыль) — протяженное и вытянутое по форме фрагментированного диска — не ассоциируется с отдельными протозвездами. Отмечается, что увеличение мазерного и пылевого излучения указывает на внезапное событие аккреции при росте массивной протозвезды. Следует отметить, что мазерное излучение H_2O и метанола II класса на частоте 6.7 ГГц пространственно не совпадают: H_2O формируется только в MM1 (сверхкомпактная структура скопления массивных протозвезд), излучение метанола на 6.7 ГГц — в протозвездных системах MM2 и MM3.

В источнике G25.65+1.05, который обсуждался в начале статьи как пример удачного и продуктивного мониторинга на PT-22 в ПРАО, наблюдается 4 компонента V1-V4, один из них — VLA2 — предположительно, является аккрецирующей протозвездой, в окрестности которого наблюда-

лась вспышка (Баяндина и др. [28]). Однако в данном случае усиление мазерного излучения в линии H_2O не связано непосредственно с этой протозвездой: на карте имеется структура в форме “V”, отслеживающая положение мазерных областей. Эта структура вершиной сходится в окрестности источника VLA1 (см. рис. 3 в работе Бернс и др. [29]). Вспышка наблюдается именно в окрестности VLA1. Согласно интересной модели, представленной в этой работе, к свержвсплеску в источнике G25.65 приводит увеличение длины мазерного пути в плоскости неба вдоль луча зрения до точки наблюдения, которое является результатом случайного перекрытия нескольких излучающих в мазерной линии H_2O областей (геометрическое совмещение).

Следующая область, в которой были зафиксированы аккреционные вспышки, — протоскопление массивных звезд G358.93-0.03-MM1-MM8, в котором в источнике континуума MM1 в ближнем и дальнем инфракрасном диапазоне в 2019 г. был зафиксирован сильный избыток излучения. MM1 — массивный протозвездный объект, который ассоциируется со струей (джетом), направленной на наблюдателя (Штеклум и др. [30]). Первыми в наблюдаемой вспышке были зафиксированы мазеры метанола, позднее — мазеры H_2O . Отметим, что в отношении этого источника высказывались соображения, которые объясняли данный эффект в рамках аккреционной модели MM1 связью с геометрией распространения тепловой волны в окрестности этого источника [32]. Сложная картина вспышек в метаноле и в H_2O менялась также в окрестностях других компонентов скопления [31, 32].

Цель приведенных выше исследований заключалась в том, чтобы понять, могут ли случаи переменности в различных спектральных линиях инфракрасного и радиодиапазона дать основания для построения определенных моделей источников и интерпретации природы изменения разнообразных вспышек. Предлагаемые результаты наблюдений и соответствующие сценарии позволяли выяснить, формируются ли массивные звезды в процессах слияния молекулярных облаков или в результате захвата и последующего сброса межзвездного вещества. В нашем случае при наличии единственного наблюдения увеличения интенсивности в мазере H_2O в источнике G24 только на одном телескопе выводы и предположения относительно природы этого явления не представляются состоятельными. Очевидно, что требуются дополнительные наблюдения, в том числе интерферометрические.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По фактам рассмотренных наблюдений можно сделать следующие следующие выводы.

1. Представлен краткий анализ некоторых актуальных наблюдений вспыхивающих мазеров H_2O в небольших облаках IRDC, темных в инфракрасном диапазоне длин волн на фоне более яркого излучения Галактической плоскости.

2. В темном на фоне Галактического инфракрасного излучения облаке G24.33+0.11 (G24.33+0.14) в наблюдениях 28 ноября 2022 г. на РТ-22 Пушинской радиоастрономической обсерватории зафиксировано появление мазерной детали в спектре H_2O на лучевой скорости $V_{\text{LSR}} = 103.15$ км/с с потоком в пике $49.5(\pm 6)$ Ян при ширине линии по половине мощности интенсивности 0.52 км/с.

3. Данная деталь не была обнаружена на РТ-22 в ПРАО 5 июля 2022 г. и не наблюдалась ранее другими исследователями за период с августа 2003 г. по декабрь 2019 г.

4. Деталь в мазере H_2O на скорости $V_{\text{LSR}} = 103.15$ км/с появилась позднее, чем произошла вспышка мазера метанола на скорости $V_{\text{LSR}} = 115.15$ км/с вблизи аккрецирующего ядра (сентябрь 2019 г., Волак и др. [15]) и позднее, чем в сеансе наблюдений водяного пара на VLBA (сентябрь-декабрь 2019 г.) (Кобак и др. [16]).

5. Разница во времени между наблюдениями мазера H_2O на VLBA и на РТ-22 в ПРАО составляет 35 мес. Возможно, патрулирование излучения водяного пара следует проводить в этом источнике более часто.

6. Полученный результат подчеркивает важность мониторинга состояния мазеров как в линиях водяного пара, так и в линиях метанола, и необходимости картографирования исследуемого источника в том же промежутке времени, поскольку именно такой подход будет играть ключевую роль для понимания происходящих в нем процессов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность сотрудникам Пушинской радиоастрономической обсерватории А.П. Цивилеву и Д.И. Суворину за проведение наблюдений на радиотелескопе и за оперативный предварительный анализ полученных данных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор данной работы заявляет, что у нее нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. D. Mill, R. R. O’Neil, S. Price, G. J. Romick, et al., *Spacecraft and Rockets* **31**, 900 (1994).

2. *R. Simon, J. M. Jackson, J. M., Rathborne, E. T. Chambers*, *Astrophys. J.* **639**, 227 (2006).
3. *N. Peretto, G. A. Fuller*, *Astron. and Astrophys.* **505**, 405 (2009).
4. *C. Battersby, J. Bally, J. M. Jackson, A. Ginsburg, Y. L. Shirley, W. Schlingman, J. Glenn*, *Astrophys. J.* **721**, 222 (2010).
5. *L. Blitz*, in *Protostars and Planets III*, eds. E. H. Levy, J. I. Lunine, University of Arizona Press, Tucson, Arizona (1993).
6. *T. P. McCarthy, G. Orosz, S. P. Ellingsen, S. L. Breen, et al.*, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **509**, 1681 (2022).
7. *E. E. Lekht, M. I. Pashchenko, G. M. Rudnitskii, A. M. Tolmachev*, *Astron. Rep.* **62**, 213 (2018).
8. *A. E. Volvach, L. N. Volvach, G. MacLeod, O. Bayandina, N. Shakhvorostova, I. Val'ts*, *The Astronomer's Telegram* **10728**, 1 (2017).
9. *N. Shakhvorostova, A. Alakoz, A. Sobolev*, in “Unlocking the Mysteries of the Universe”, A. Tarchi, M. J. Reid, and P. Castangia, eds., *Proc. IAU Symp.* **S336**, 447–448, (2017).
10. *A. E. Volvach, L. N. Volvach, M. G. Larionov*, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **522L**, 6L (2023).
11. *N. T. Ashimbaeva, E. E. Lekht, V. V. Krasnov, A. M. Tolmachev*, *Astron. Rep.* **66**, 1267 (2022).
12. *L. N. Vol'vach, A. E. Vol'vach, M. G. Larionov, P. Wolak, et al.*, *Astron. Rep.* **63**, 652 (2019).
13. *I. I. Berulis, V. A. Gusev, A. V. Kutsenko, G. T. Smirnov, R. L. Sorochenko, A. M. Tolmachev, V. A. Shirochenkov*, *Trudy Akademii Nauk SSSR Fizicheskii Institut* **135**, 35 (1983).
14. *D. A. Ladeyschikov, O. S. Bayandina, A. M. Sobolev*, *Astron. J.* **158**, 233 (2019).
15. *P. Wolak, M. Olech, M. Szymczak, A. Bartkiewicz, M. Durjasz*, *The Astronomer's Telegram* **13080**, 1 (2019).
16. *A. Kobak, A. Bartkiewicz, M. Szymczak, M. Olech, et al.*, *Astron. and Astrophys.* **671**, 135 (2023).
17. *K. Torii, Y. Hattori, K. Hasegawa, A. Ohama, et al.*, *Astrophys. J.*, **835**, 142 (2017).
18. *M. Kohno, K. Tachihara, S. Fujita, Y. Hattori, et al.*, *Publ. Astron. Soc. Japan* **73**, 338 (2021).
19. *R. I. Yamada, Y. Fukui, H. Sano, K. Tachihara, et al.*, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, **515**, 1012 (2006).
20. *D. A. Ladeyschikov, M. S. Kirsanova, A. P. Tsvilev, A. M. Sobolev*, *Astrophys. Bulletin* **71**, 208 (2016).
21. *B. J. G. Wouterloot, J. Brand, K. Fiegle*, *Astron. and Astrophys. Suppl.*, **589**, 389 (1993).
22. *B. J. G. Wouterloot, J. Brand*, *Astron. and Astrophys. Suppl.*, **80**, 149 (1989).
23. *T. K. Sridharan, H. Beuther, P. Schilke, K. M. Menten*, *Astrophys. J.*, **566**, 931 (2002).
24. *O. S. Bayandina, R. A. Burns, S. E. Kurtz, L. Moscadelli, A. M. Sobolev, B. Stecklum, I. E. Val'ts*, *Astron. Astrophys.*, **673**, A60 (2023).
25. *A. Caratti o Garatti, B. Stecklum, R. Garcia Lopez, J. Eisloff, et al.*, *Nature Physics*, **13**, 276 (2017).
26. *Sheng-Yuan Liu, Yu-Nung Su, I. Zinchenko, Kuo-Song Wang, Yuan Wang*, *Astrophys. J. Lett.* **863**, L12 (2018).
27. *T. R. Hunter, C. L. Brogan, G. MacLeod, C. J. Cyganowski, et al.*, *Astrophys. J. Lett.* **837**, L29 (2017).
28. *O. S. Bayandina, R. A. Burns, S. E. Kurtz, N. N. Shakhvorostova, I. E. Val'ts*, *Astrophys. J.* **884**, 140 (2019).
29. *R. A. Burns, G. Orosz, O. Bayandina, G. Surcis, et al.*, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **491**, 4069 (2020).
30. *B. Stecklum, V. Wolf, H. Linz, A. Caratti o Garatti, et al.*, *Astron. and Astrophys.* **646**, 161 (2021).
31. *O. S. Bayandina, C. L. Brogan, R. A. Burns, X. Chen, T. R. Hunter, S. E. Kurtz, G. C. MacLeod, A. M. Sobolev, K. Sugiyama, I. E. Val'ts, and Y. Yonekura*, *Astron. J.* **163**, 83 (2022).
32. *O. S. Bayandina, C. L. Brogan, R. A. Burns, A. Caratti o Garatti, et al.*, *Astron. and Astrophys.* **664**, A44 (2022).
33. *M. Szymczak, T. Pillai, K. M. Menten*, *Astron. and Astrophys.* **434**, 613 (2005).
34. *A. J. Walsh, S. L. Breen, T. Britton, K. J. Brooks, et al.*, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.* **416**, 176 (2011).
35. *C. J. Cyganowski, J. Koda, E. Rosolowsky, S. Towers, M. J. Donovan, F. Egusa, R. Momose, T. P. Robitaille*, *Astrophys. J.* **764**, 213 (2013).

PECULIAR SPECTRUM OF THE WATER MASER IN THE DARK NEBULA MSXDCG24.33+011(G24.33+014)

I. E. Val'ts^a

^a*Astro Space Center, P.N. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

Giant molecular clouds (GMC) in our and other galaxies and small dense molecular clouds inside the Galaxy (IRDC) form cores due to gravitational instability, in which massive stars and clusters of low-mass stars arise. The high background of infrared radiation inside the Galaxy creates advantages in favor of IRDCs in the study of star formation processes and accompanying phenomena such as accretion, the appearance of HII regions, bipolar outflows, and others that cause various responses in their molecular composition. As a part of studying the evolutionary state in the cloud IRDC MSXDCG24.33+011 (the alternative name is G24.33+014), observations of the water vapor maser were made. On November 28 (2022) during the observations using the RT-22 of the Pushchino Radio Astronomy Observatory, the H₂O maser detail at the velocity of $V_{\text{LSR}} = 103.15$ km/s with the linewidth of 0.52 km/s was detected. Peak flux of 49.5(±6) Jy was recorded. This detail was not detected on RT-22 in the PRAO on July 5 (2022) and has not been seen before by other researchers.

Keywords: magnetospheres, exoplanets, stellar wind