

Субмиллиметровые мазеры в переходах $J_1 - J_0$ A^{-+} метанола в S255IR-SMA1

И.И. Зинченко¹, С.В. Салий², А.М. Соболев², И.А. Зайчикова¹,
Ш.-Ю. Лю³, Ю.-Н. Су³

¹ ИПФ РАН, ² УрФУ, ³ ASIAA

A new submm methanol maser

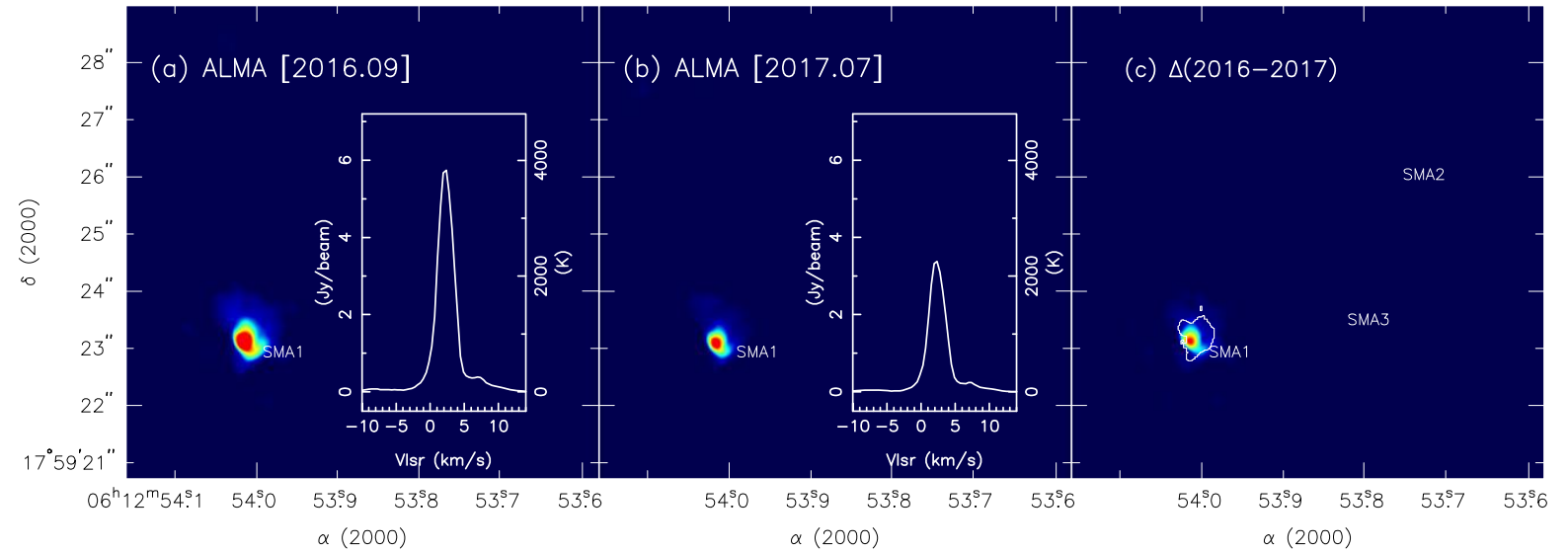
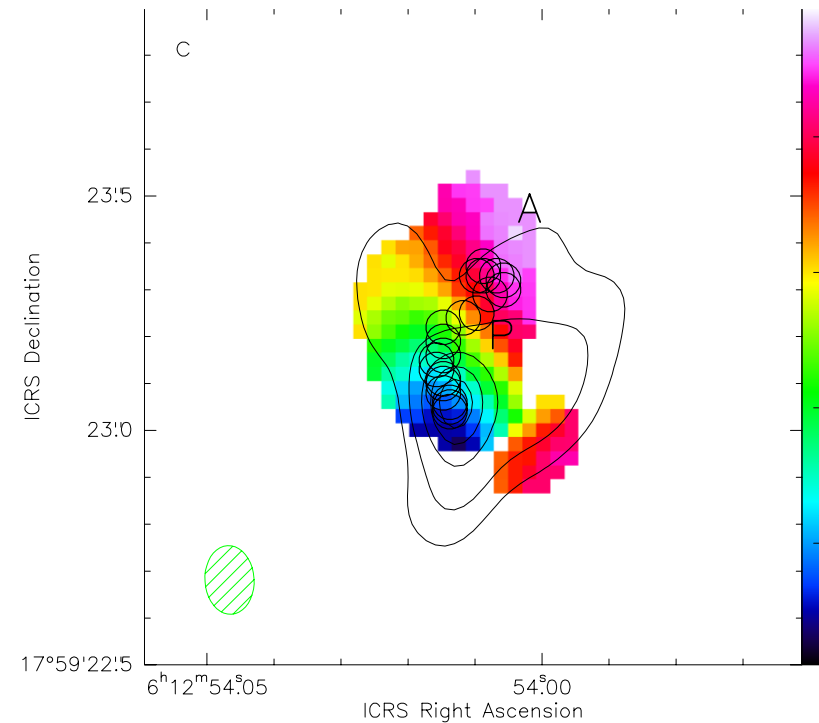
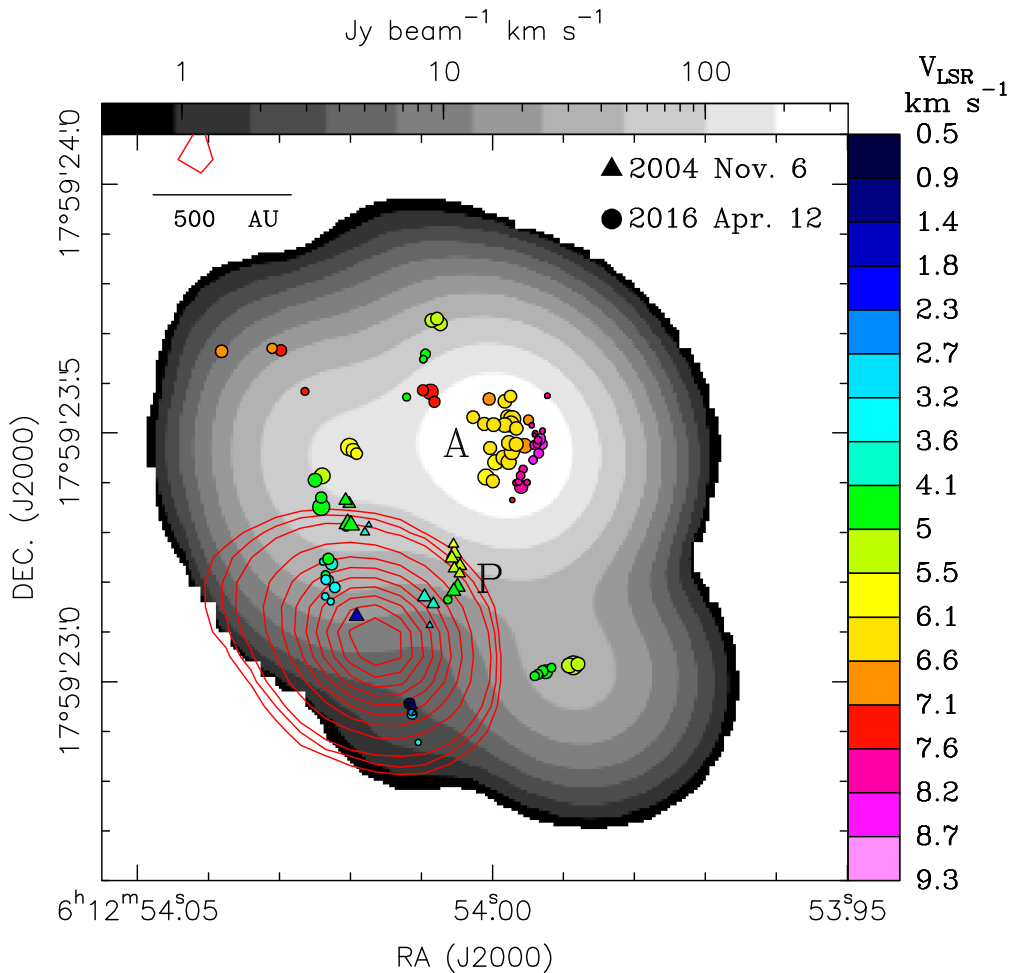


Figure 4. (a) Integrated intensity map of the 349.1 GHz $\text{CH}_3\text{OH } 14_1-14_0 A^+$ maser emission observed by ALMA in 2016 September. An inset in the panel displays the CH_3OH spectra at its peak position. (b) The integrated intensity map of the same maser emission observed by ALMA in 2017 July. An inset, same as in panel (a), displays the peak position spectra. (c) The difference CH_3OH maser map made by subtracting panel (b) from (a). The contour delineates the region with excess 900 μm continuum emission shown in Figure 3(c).

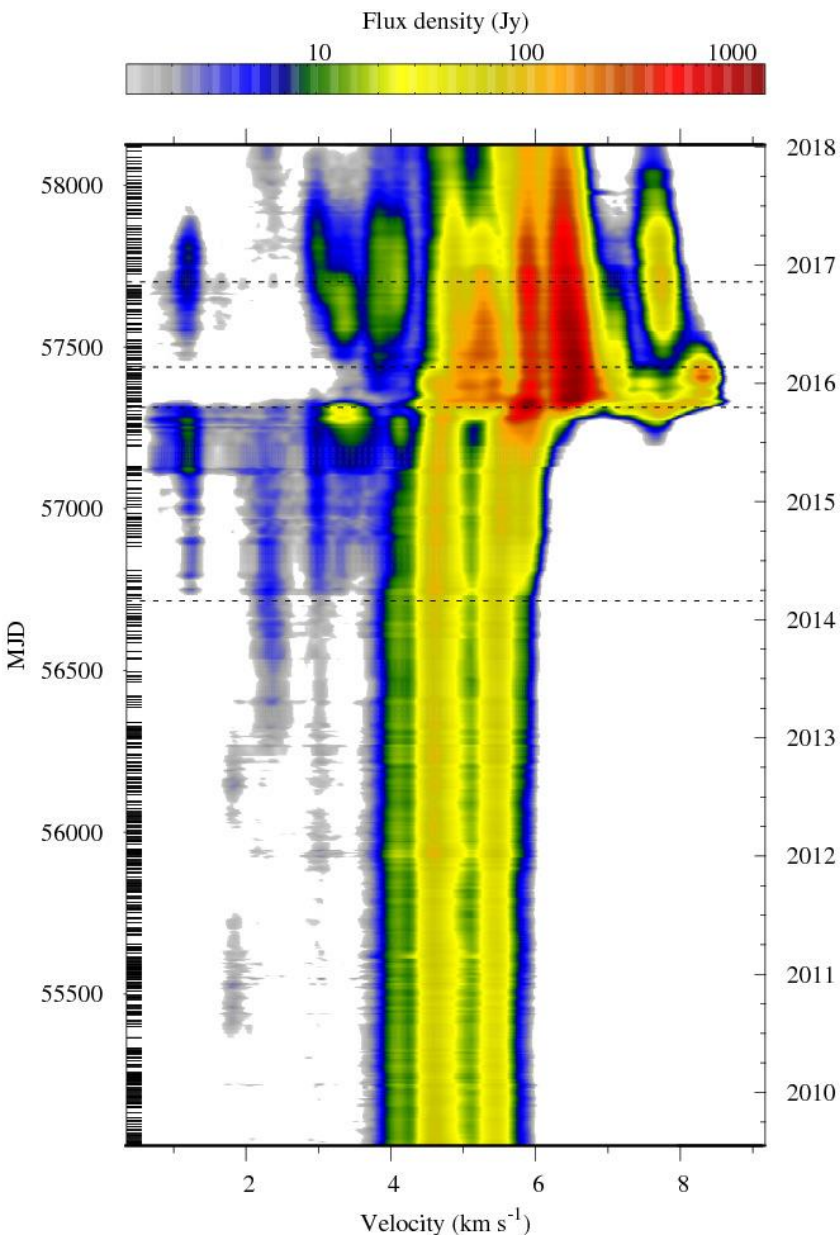
Probably this is a Class II maser.
Apparently, masers are located at
several hundred au from the star
(Zinchenko et al. 2017).

Liu, Su, Zinchenko et al. (2018)

6.7 GHz methanol maser flare

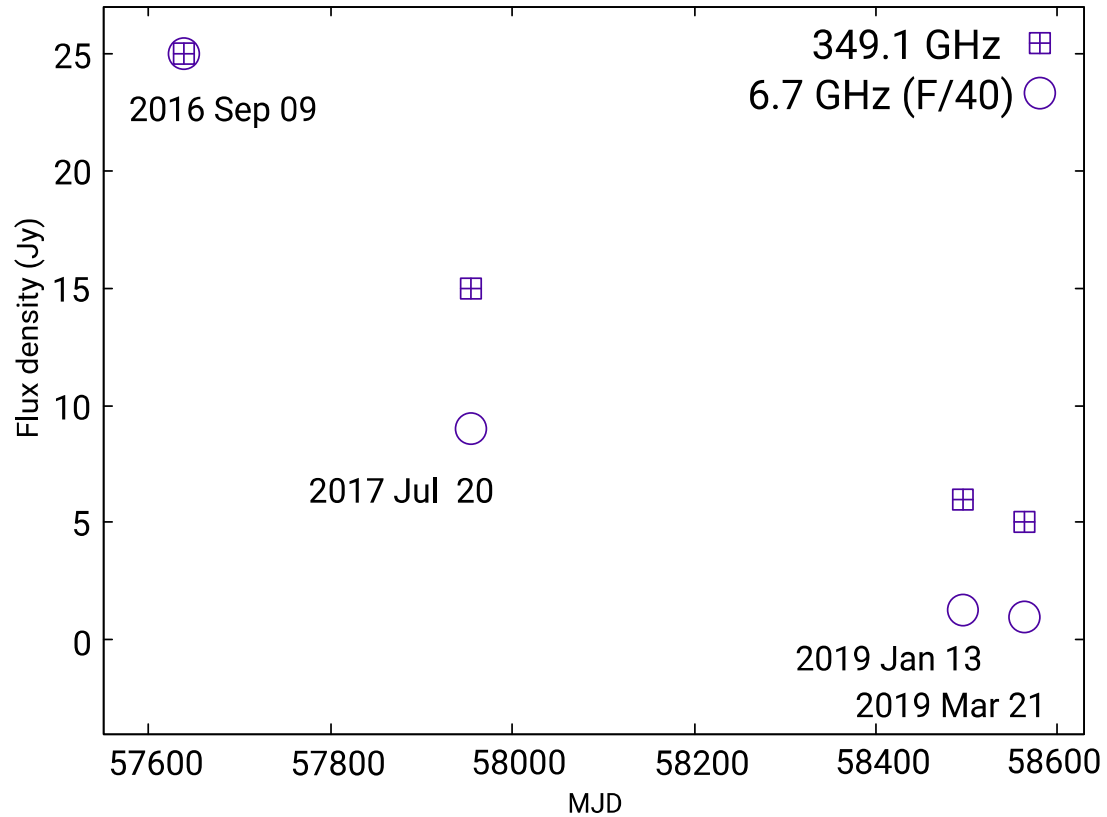


6.7 GHz masers before (P) and after (A) the flare in 2015 (Moscadelli et al. 2017)

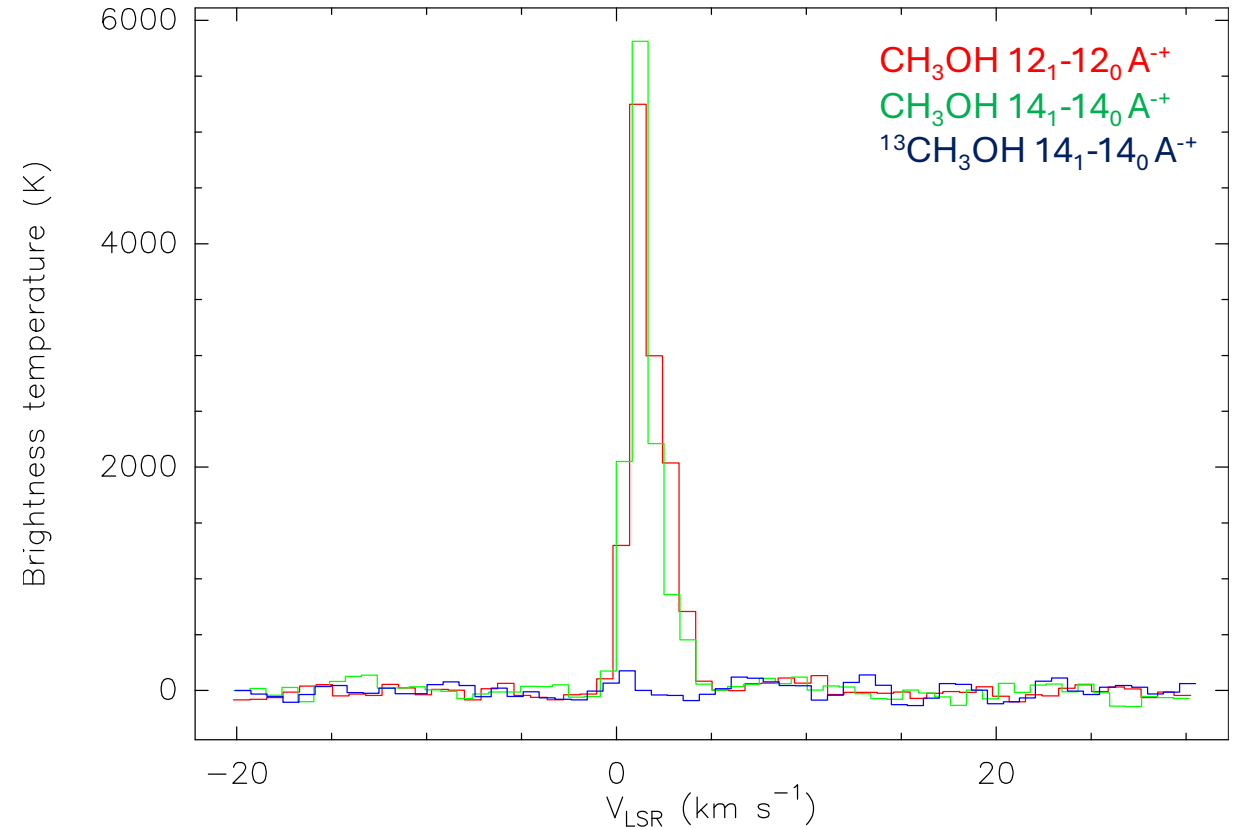


(Szymczak et al. 2018)

New observations of the submm CH₃OH masers

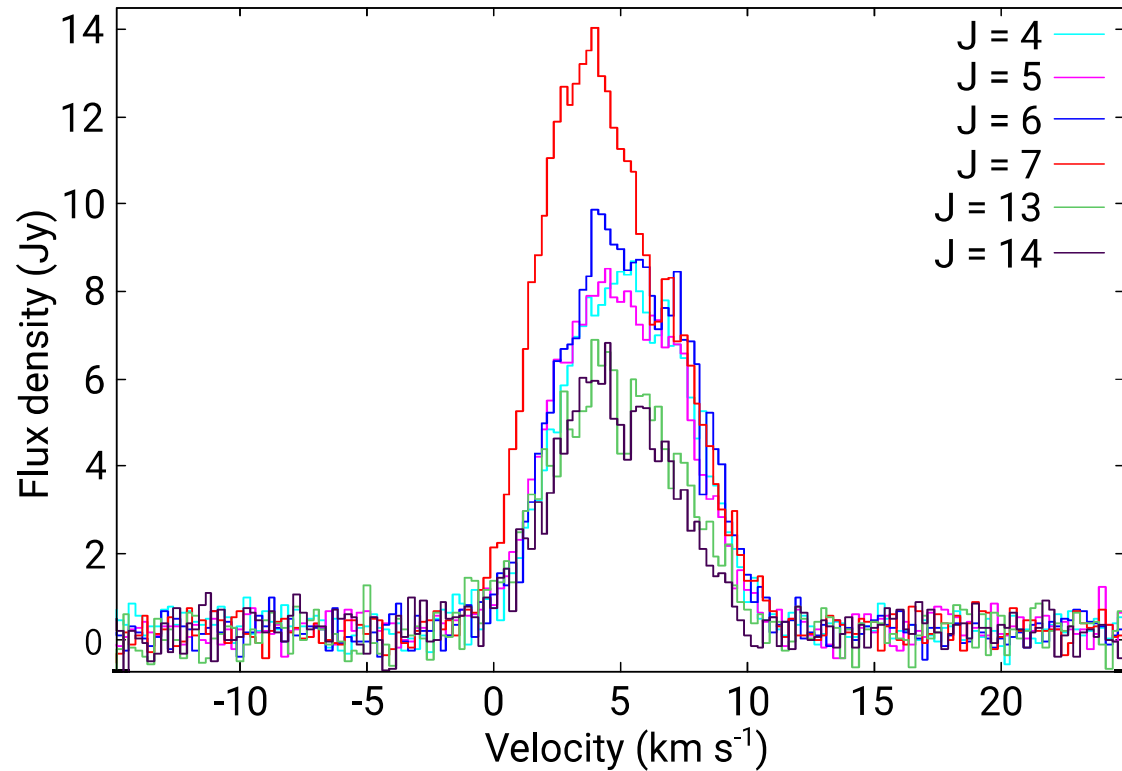


(Salii, Zinchenko, Liu, et al. 2022)

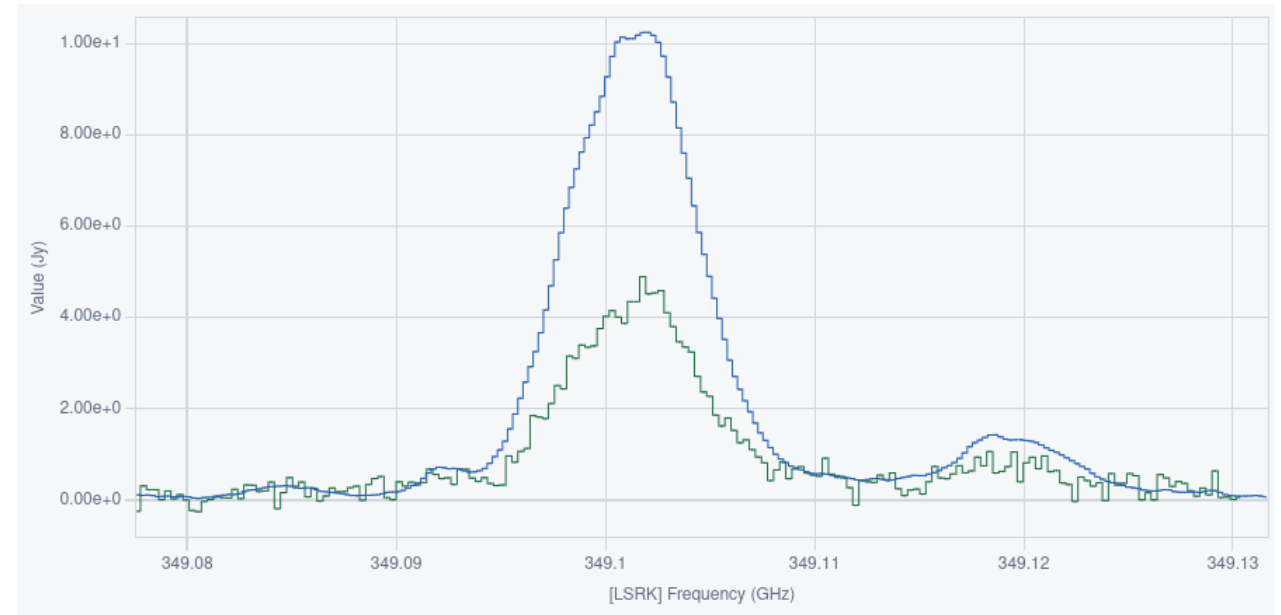


Total flux density at 349.1 GHz in 2021 is ~10 Jy

Observations at lower angular resolution

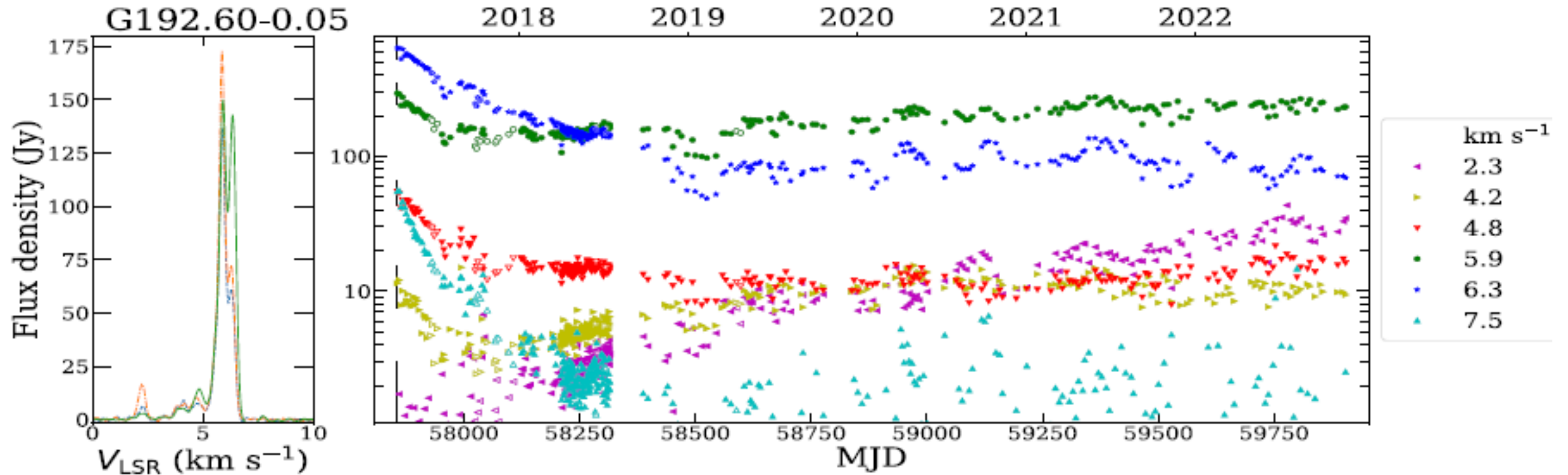


SMA 2019
(Salii et al. 2022)



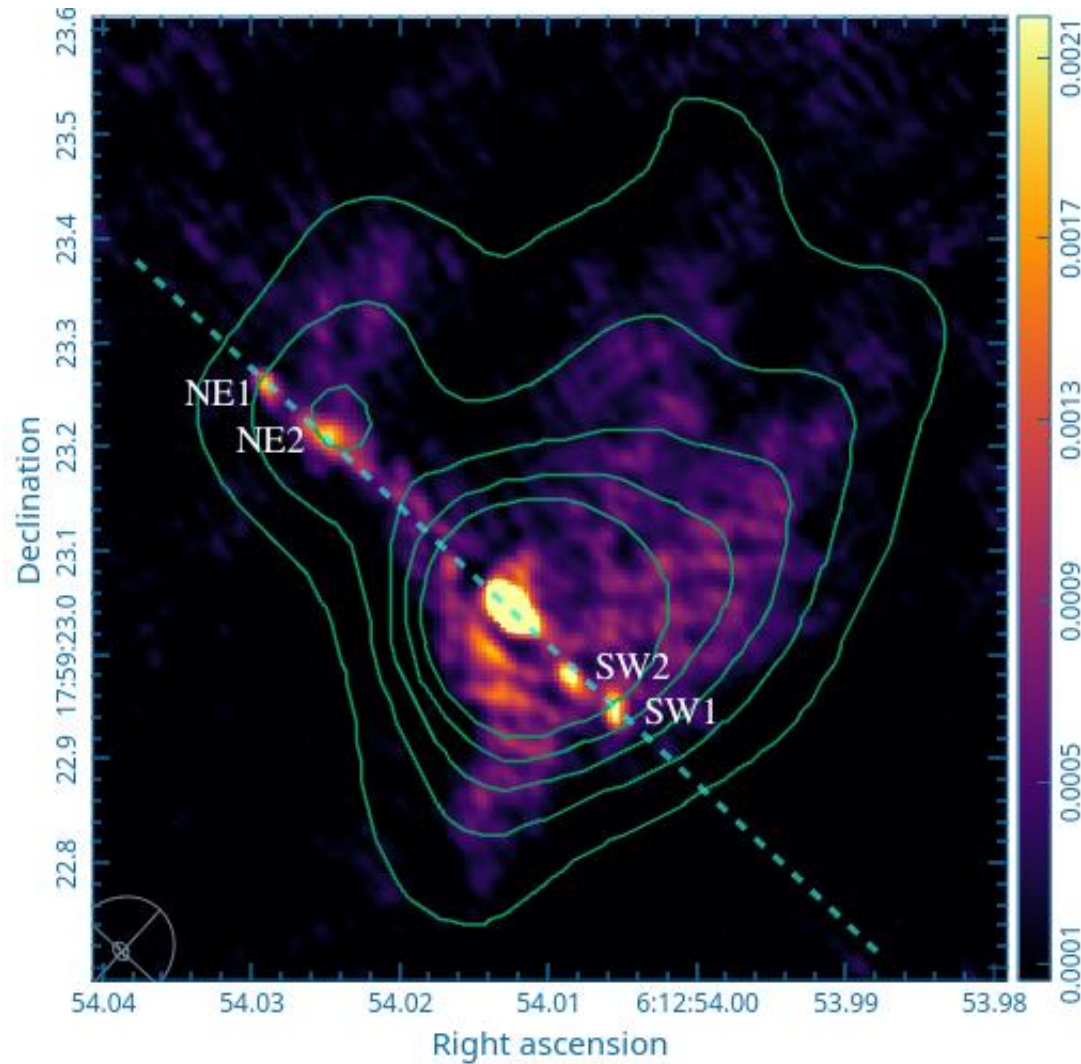
ALMA 2021
SMA 2019

6.7 GHz maser monitoring

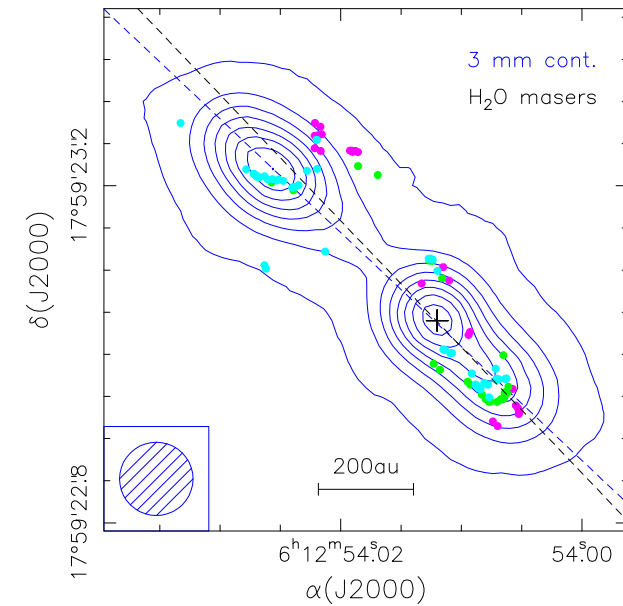
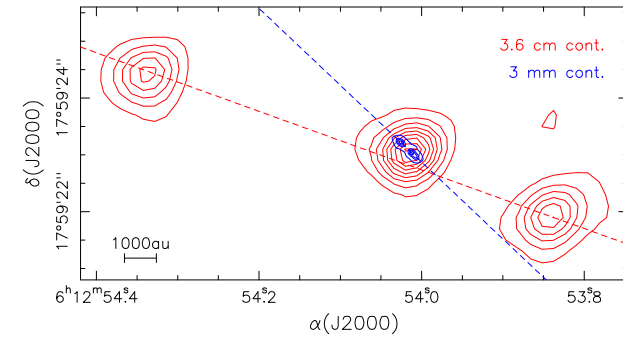


(Aberfelds et al. 2023)

S255IR at the resolution of ~ 15 mas

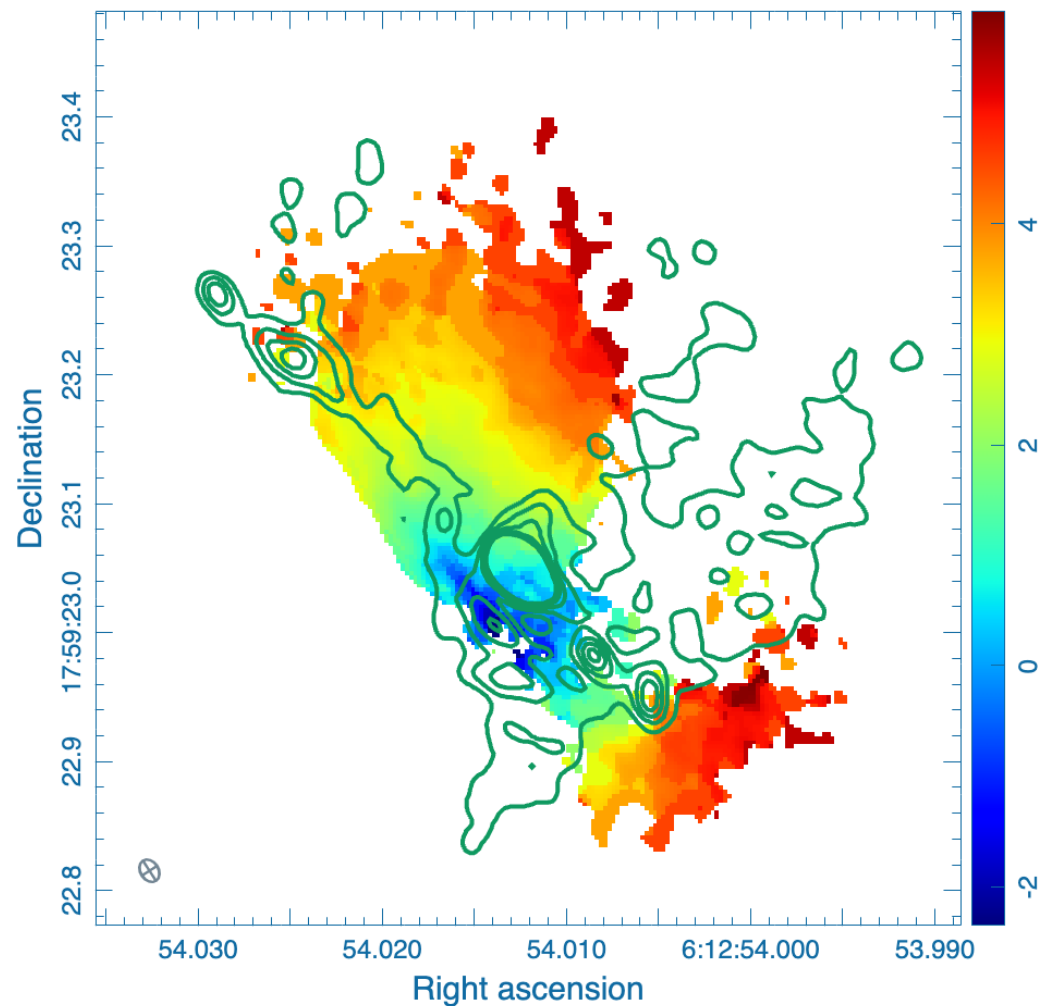
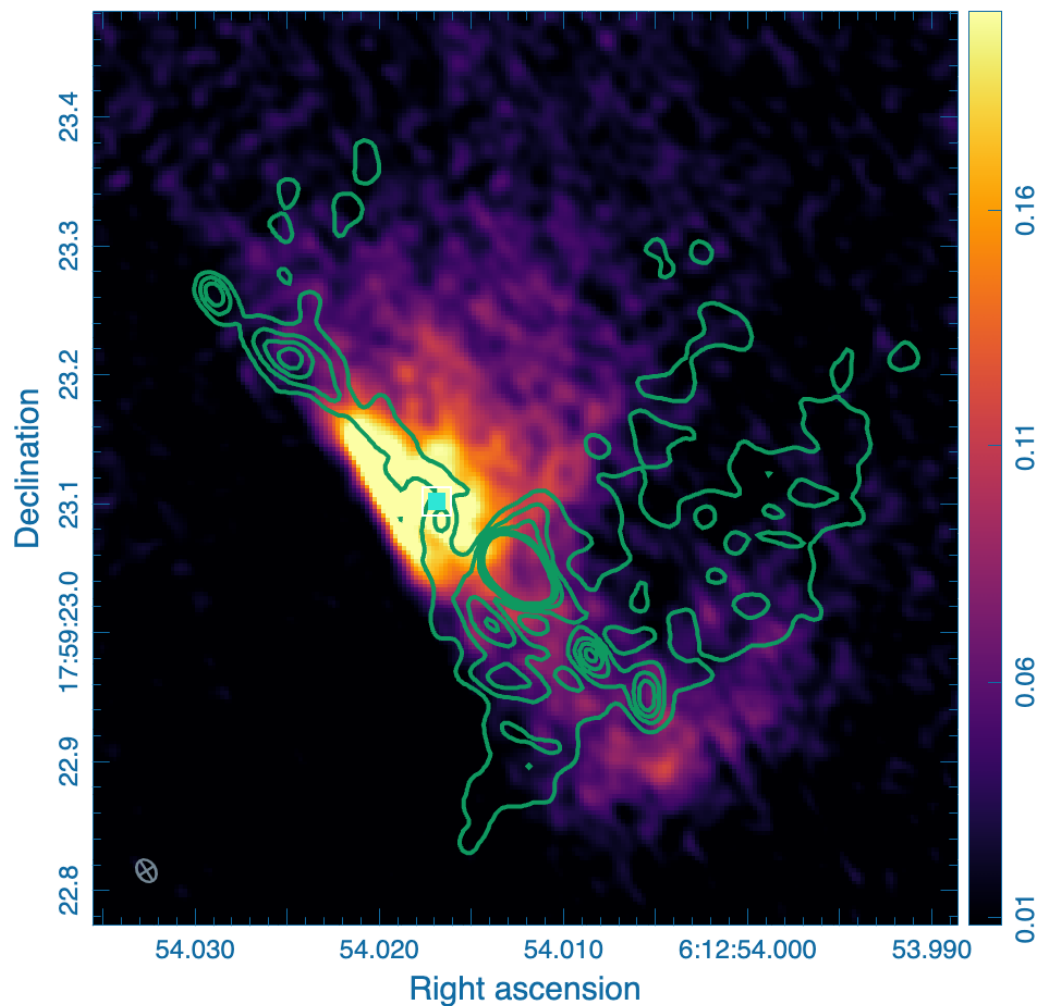


Zinchenko, Liu, Su (2024)



(Cesaroni+ 2023)

Morphology and kinematics



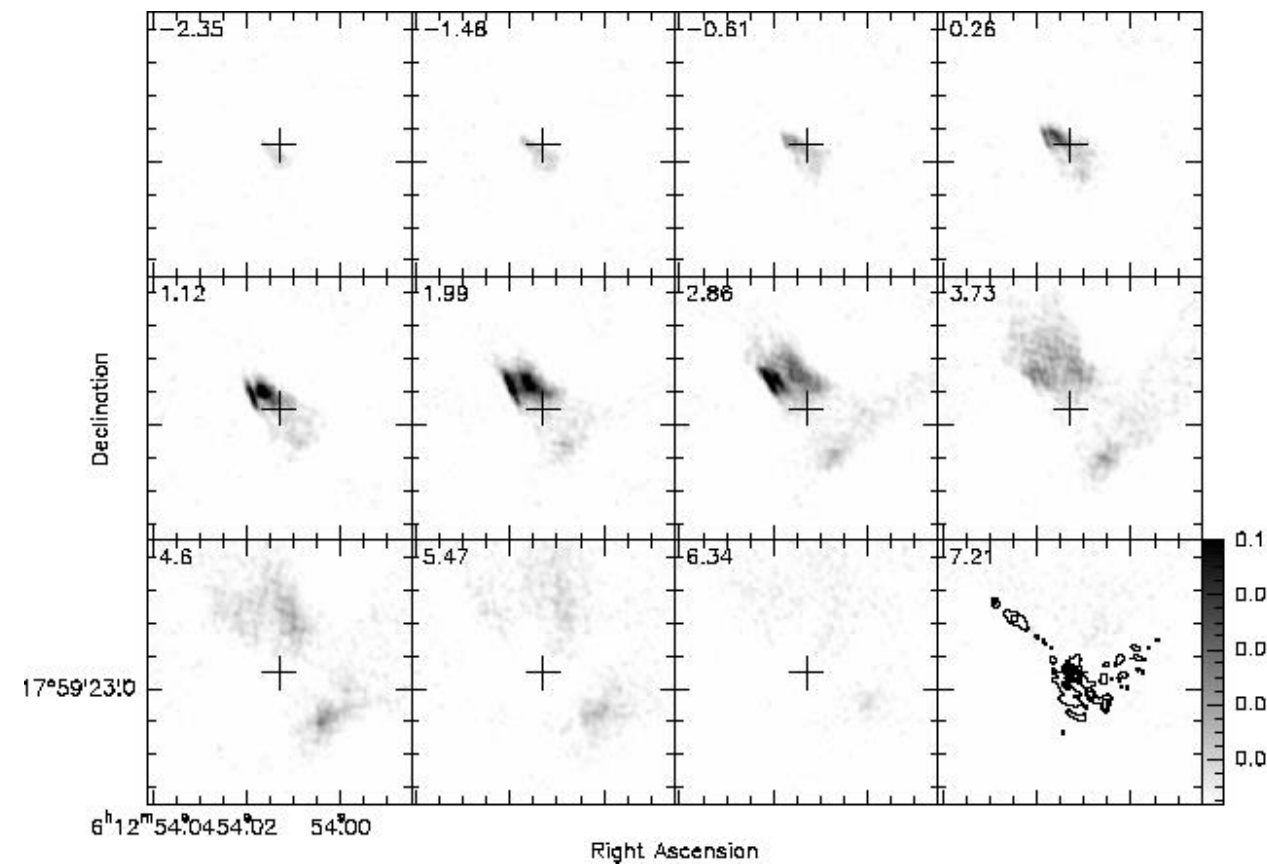
The specific angular momentum is ~ 100 au km/s.

Then, the launching radius is ~ 0.3 au.

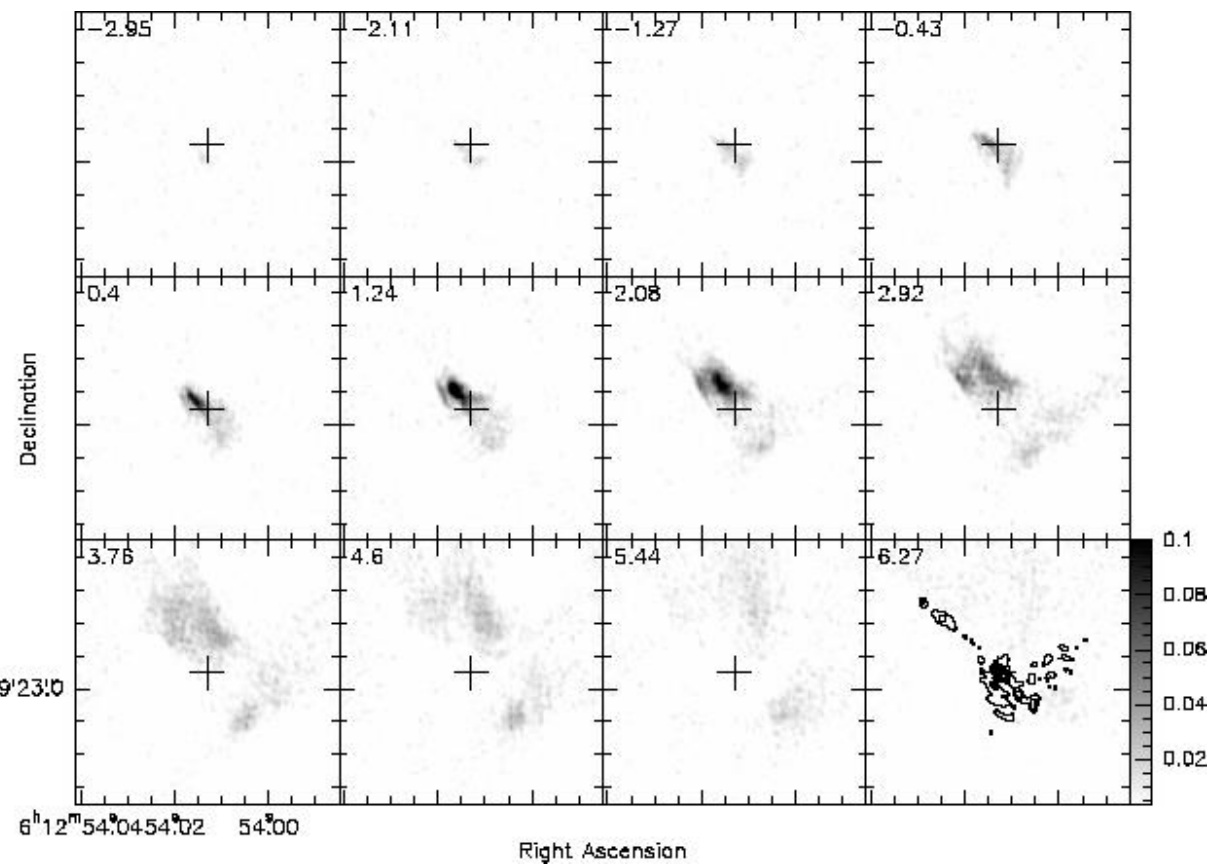
However, masers are apparently located in the entrained material.

Channel maps

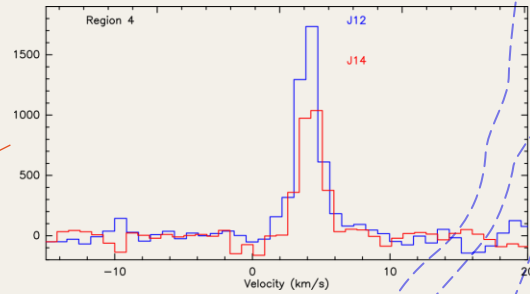
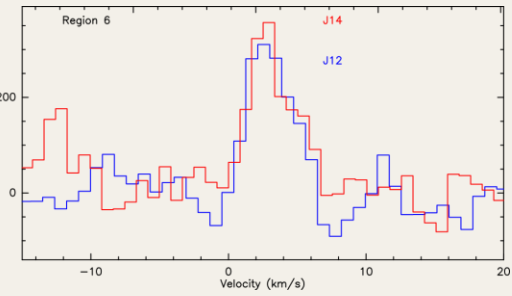
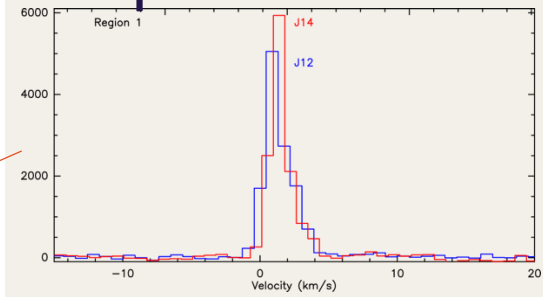
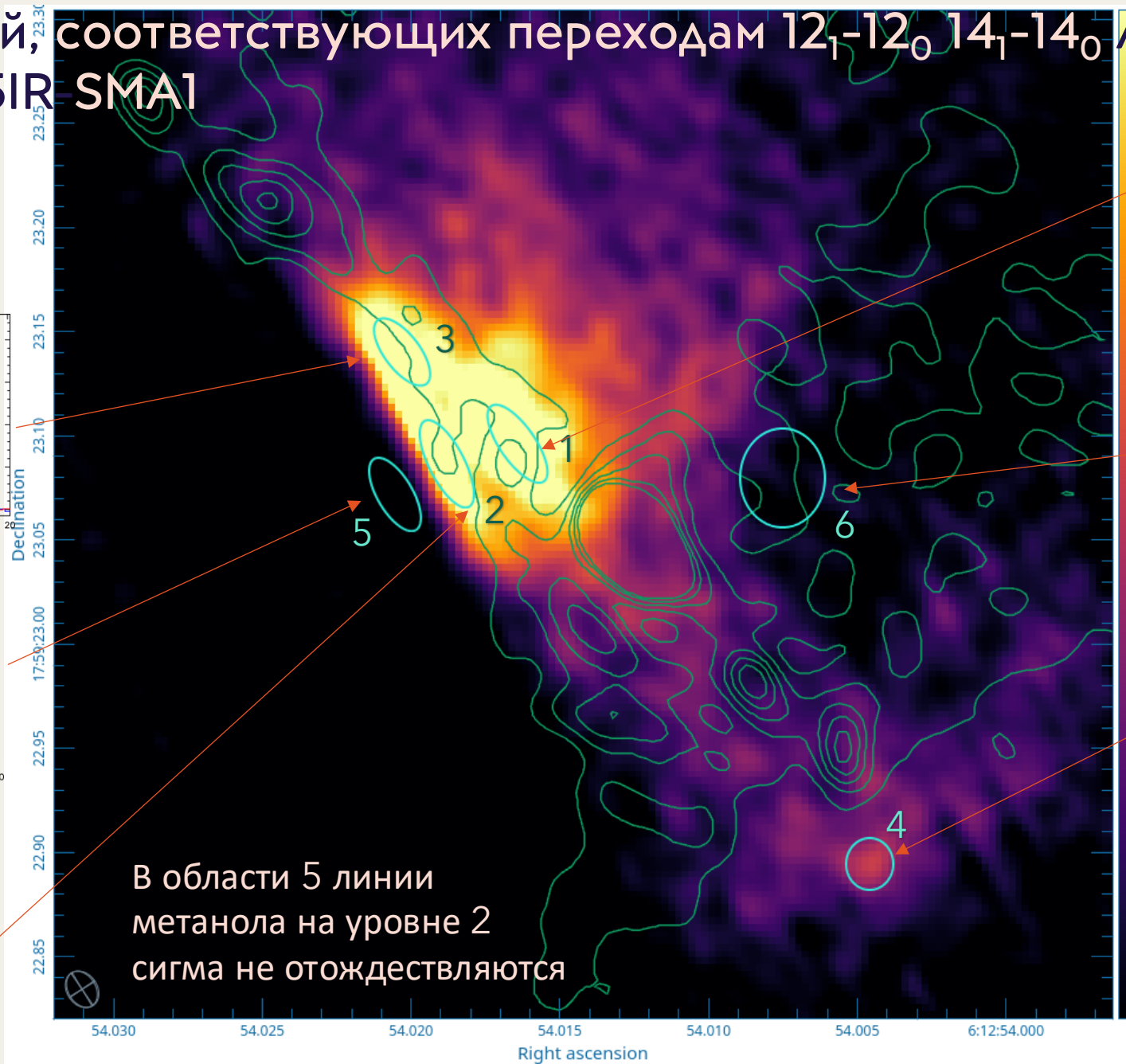
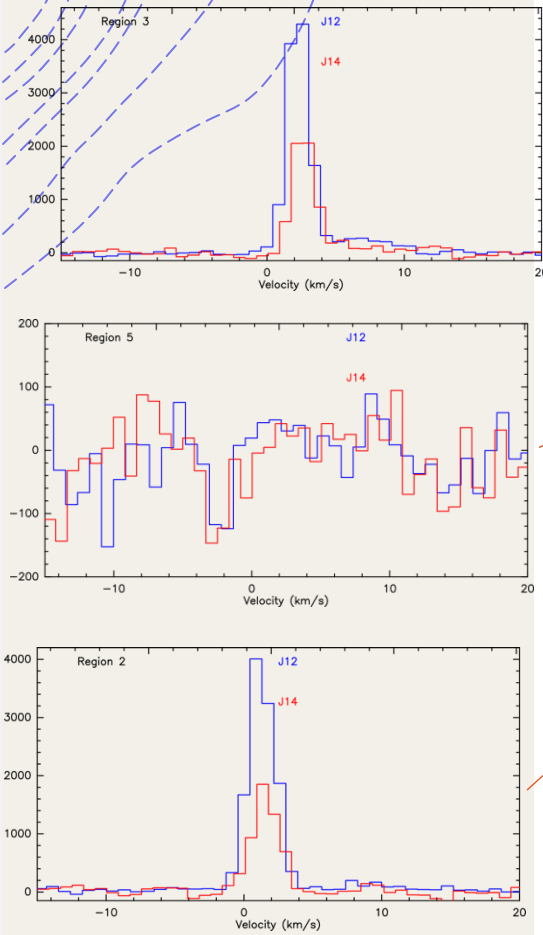
$12_0 - 12_1 A^{-+}$



$14_0 - 14_1 A^{-+}$



Спектры линий, соответствующих переходам 12_1-12_0 , 14_1-14_0 A-+ в различных областях S255IR SMA1



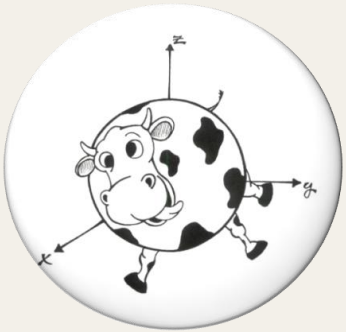
Описание модели для оценки физических параметров

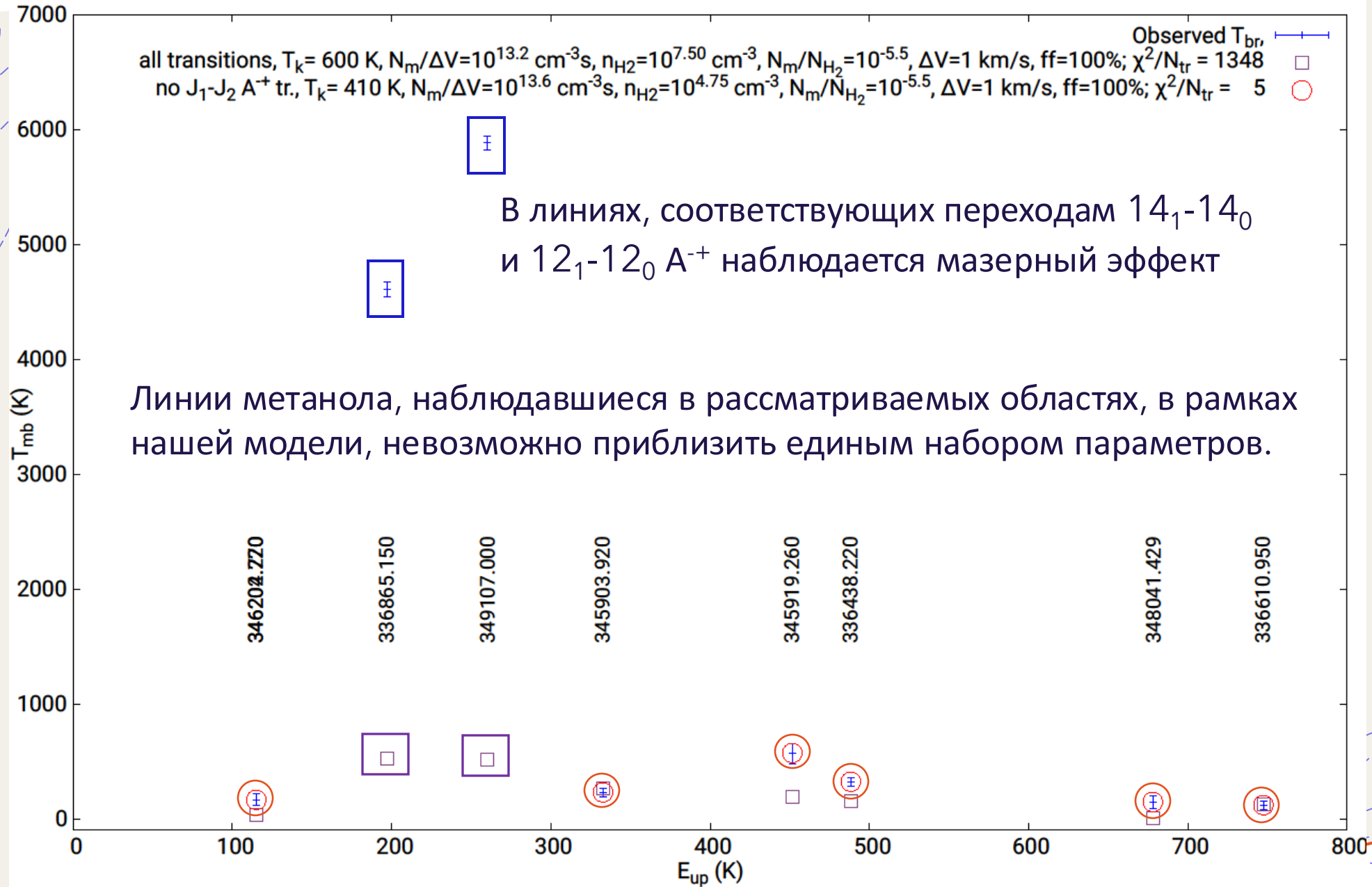
Предполагается, что

- + молекулярное облако сферическое, однородное;
- + молекулярное облако состоит из смеси молекул H_2 , CH_3OH , атомов He и пылевых частиц;
- + пылевые частицы равномерно перемешаны с молекулярным газом;
- + отношение массы газа к массе пыли составляет 100:1.

Расчет населенностей уровней энергий метанола осуществлялся в приближении LVG.

- Параметры модели:
- + T_k – кинетическая температура H_2 , температура пыли равна T_k ;
 - + n_{H_2} – объемная концентрация H_2 ;
 - + $N_{\text{CH}_3\text{OH}}/\Delta V$ – удельная лучевая концентрация метанола ;
 - + $N_{\text{CH}_3\text{OH}}/N_{\text{H}_2}$ – обилие метанола ;
 - + ΔV – ширина линии метанола ;
 - + ff – фактор заполнения диаграммы.





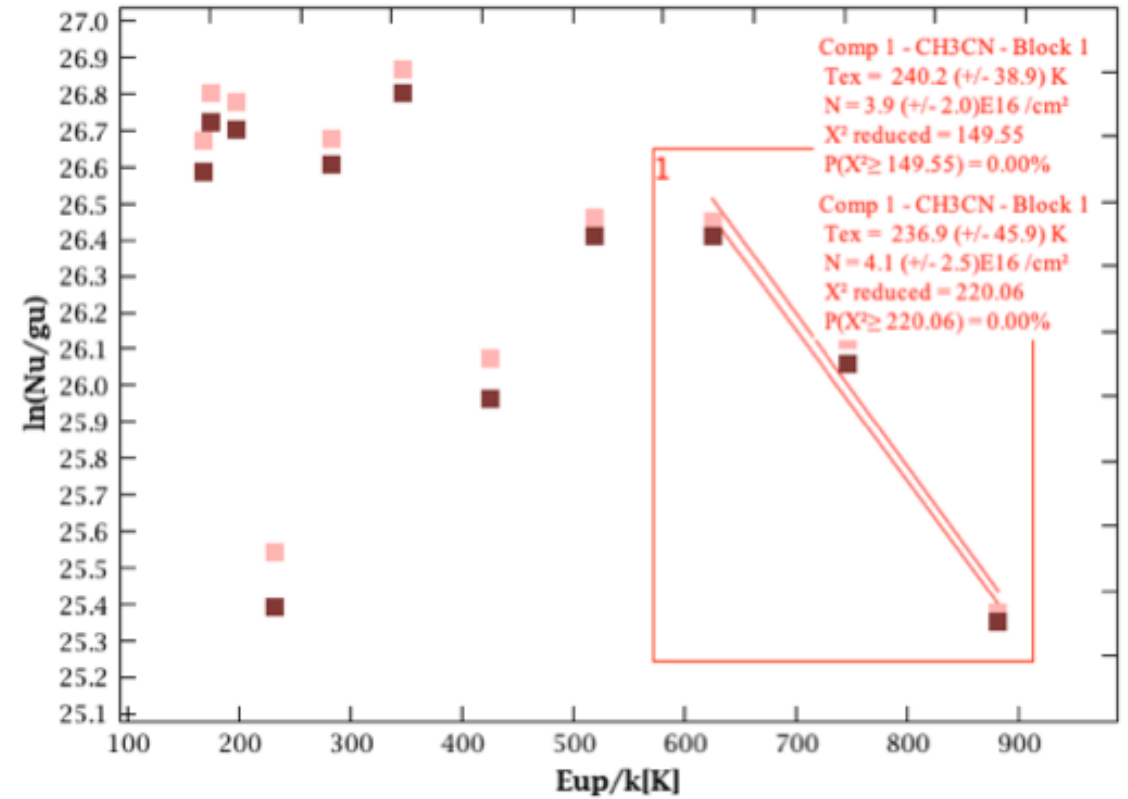
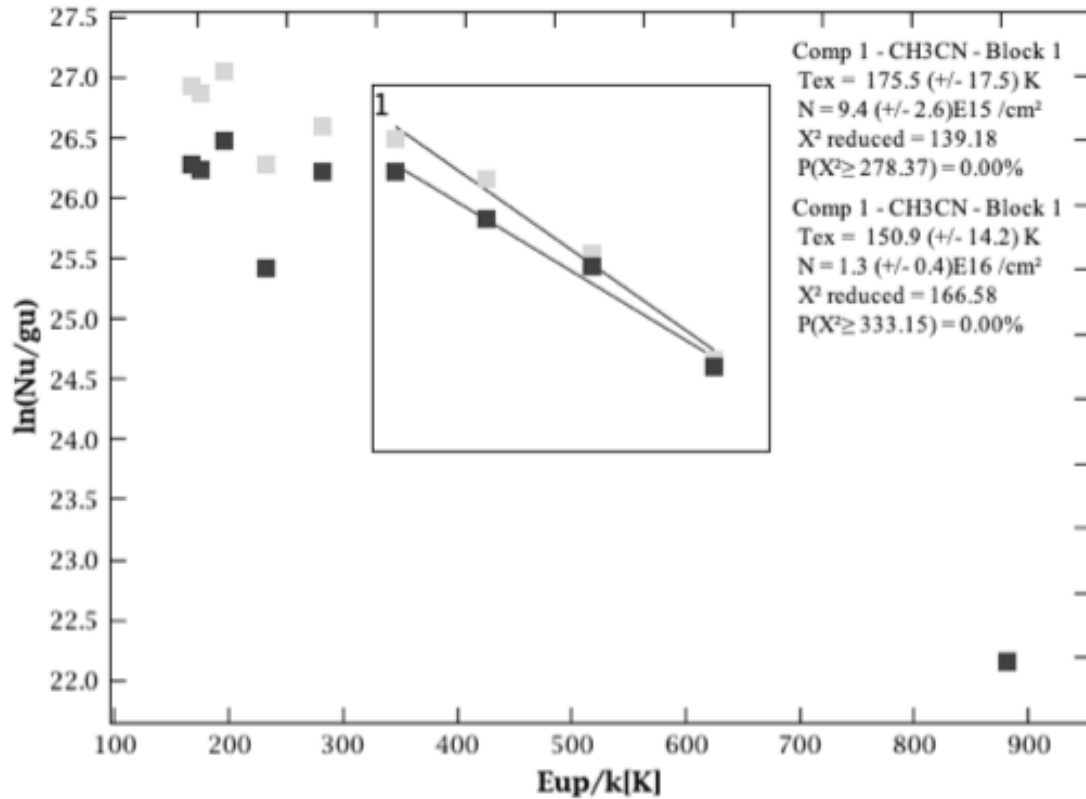
Результаты оценки физических параметров в отдельных областях по 6 квазитепловым переходам

Фиксированы: ff 100 %, $\Delta V = 1$ км/с

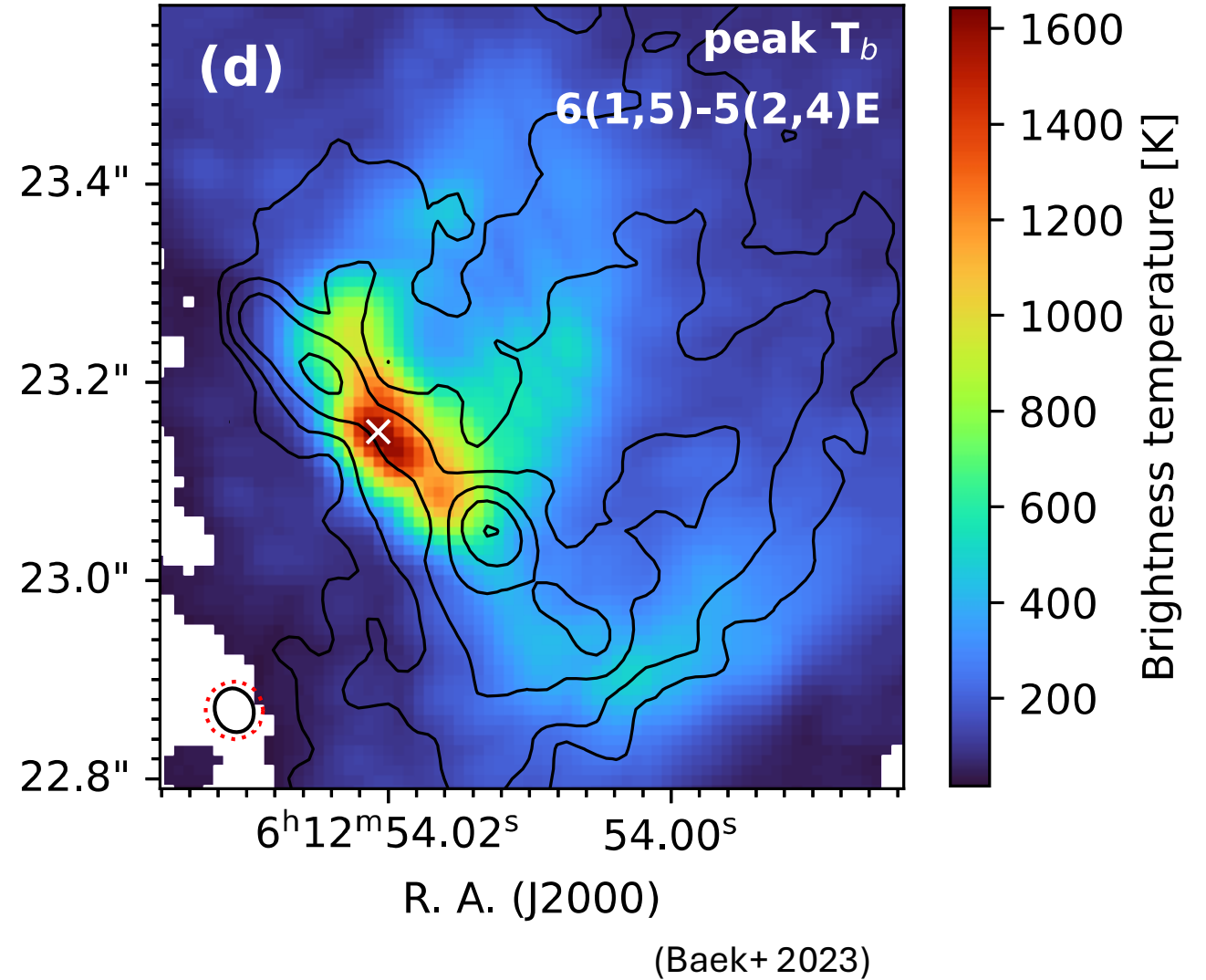
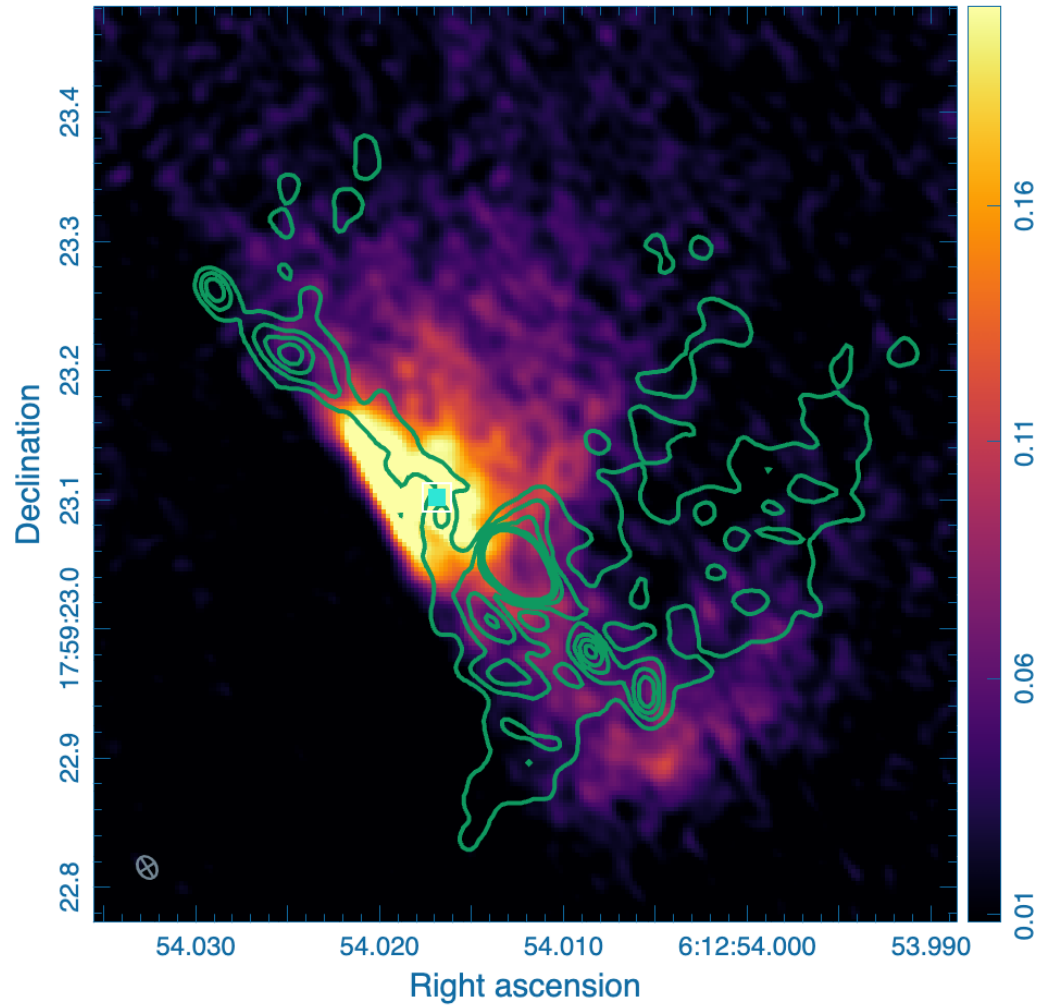
	T_k, K	$\lg(N_{CH_3OH}/\Delta V)$	$\lg(n_{H_2})$	$\lg(N_{CH_3OH}/N_{H_2})$	χ^2
Пределы параметров в базе	10-600	7.5-14.0	3.00-9.00	-9 - -5.5	
Region 1	290(210-500)	13.4(12.9-14.0)	8.25(4.00-9.00)	-5.5(-6.0 - -5.5)	4.0
Region 2	220(140-400)	13.4(12.9-14.0)	9.00(4.00-9.00)	-5.5(-6.0 - -5.5)	3.9
Region 3	290(200-580)	13.4(12.6-14.0)	8.50(4.00-9.00)	-5.5(-6.0 - -5.5)	4.2
Region 4	190(120-410)	13.3(12.8-14.0)	5.00(4.00-9.00)	-5.5(-6.0 - -5.5)	1.7
Region 6	250(170-420)	13.6(13.1-14.0)	5.00(4.00-9.00)	-5.5(-6.0 - -5.5)	0.9

В скобках – 95 % доверительный интервал

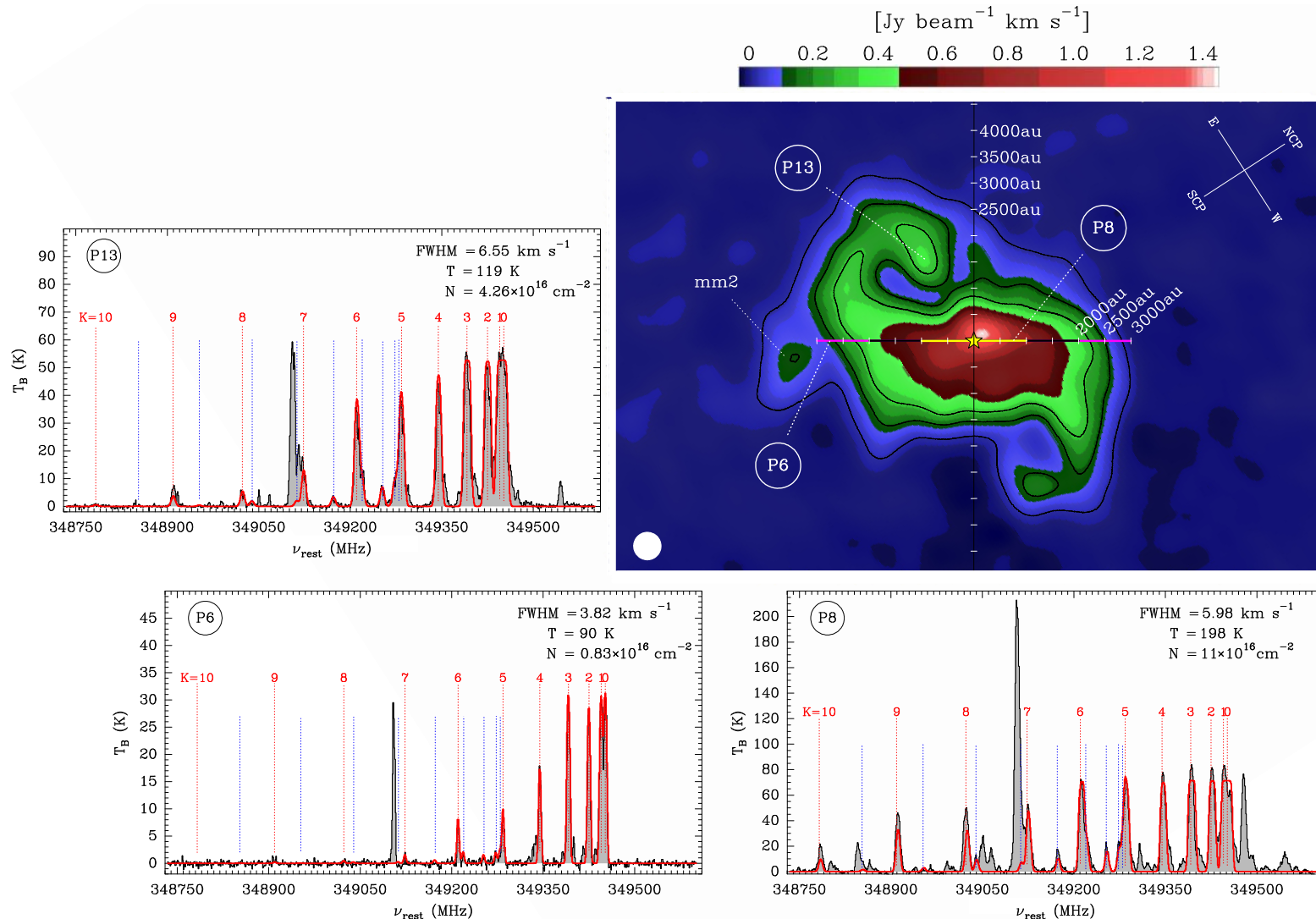
Physical parameters from CH₃CN



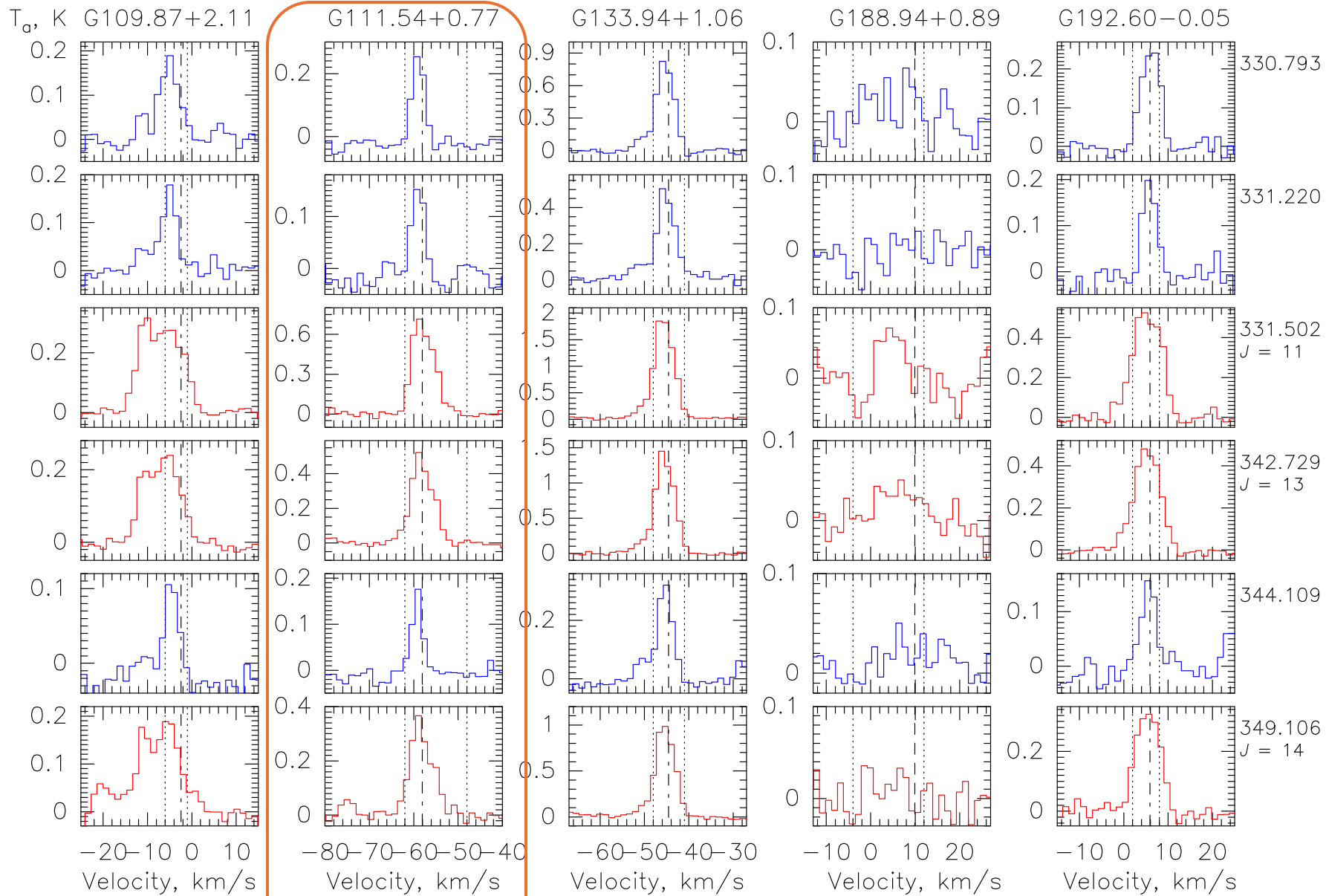
Other class II masers



CH₃OH J₁ – J₀ A[−] masers in other objects



G023.01−00.41
(Sanna et al. 2021)



(Sali et al. 2022)

Заключение

- В 2021 году (6 лет после вспышки) сохранялось мазерное излучение в линиях $J_1 - J_0$ A^{+} метанола в S255IR-SMA1. Плотность потока увеличилась по сравнению с 2019 годом. Подобное увеличение наблюдается и в некоторых компонентах линии на 6.7 ГГц.
- Наличие мазерной компоненты явно проявляется только в наблюдениях с очень высоким угловым разрешением.
- Физические характеристики областей мазерного излучения и соседних областей близки. Область мазерного излучения имеет конусовидную форму. Вероятно, это излучение формируется в стенках полости, образуемой истечением под действием излучения центрального источника. Имеющиеся модели не описывают возбуждение этих мазеров. Необходимо включать в модель более высокие уровни.
- Мазерное излучение в линиях данной серии наблюдается и в некоторых других объектах. Вероятно, оно может служить индикатором вспышек светимости.

Спасибо за внимание!

Поддержано грантом РФФ 24-12-00153