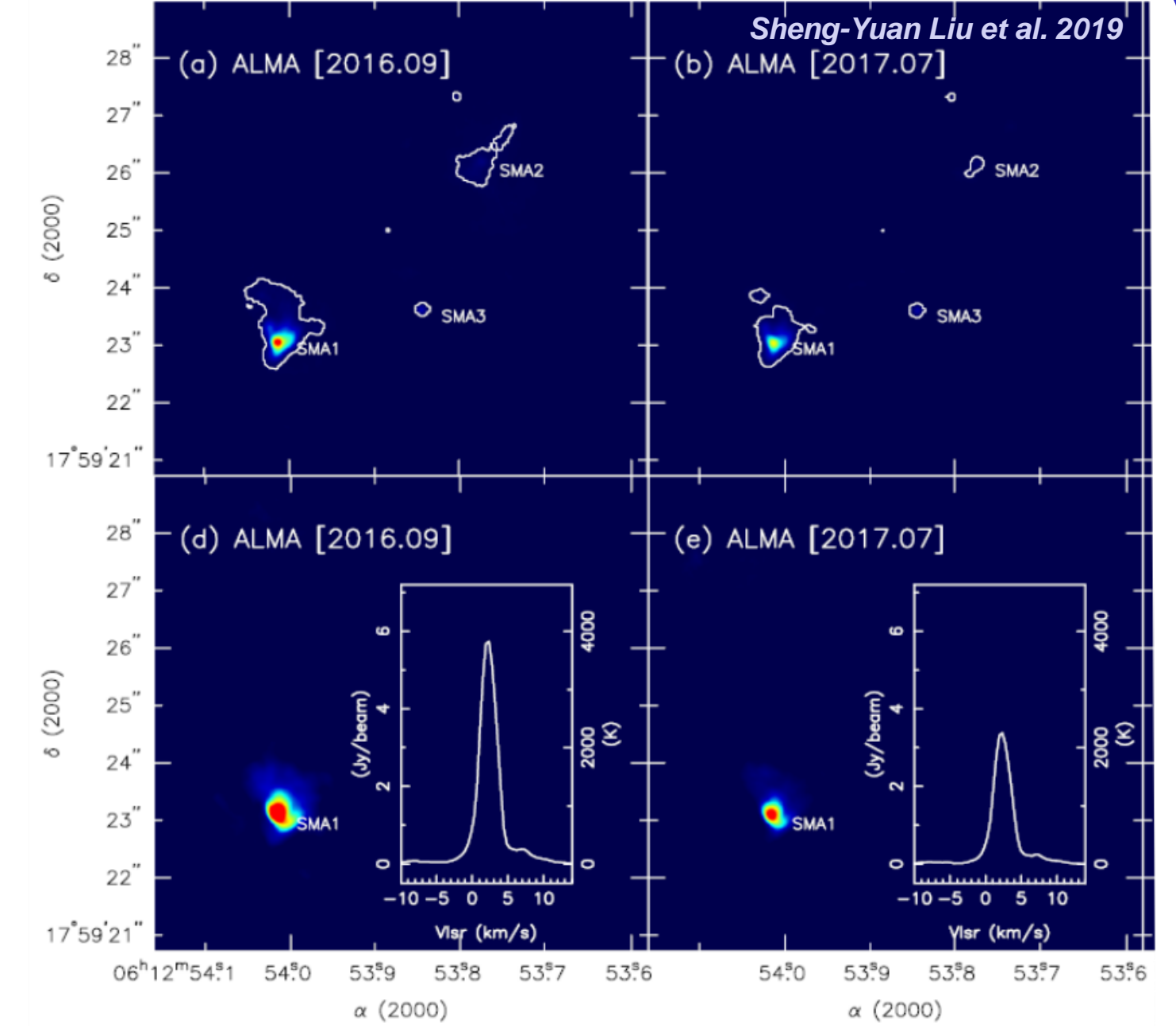
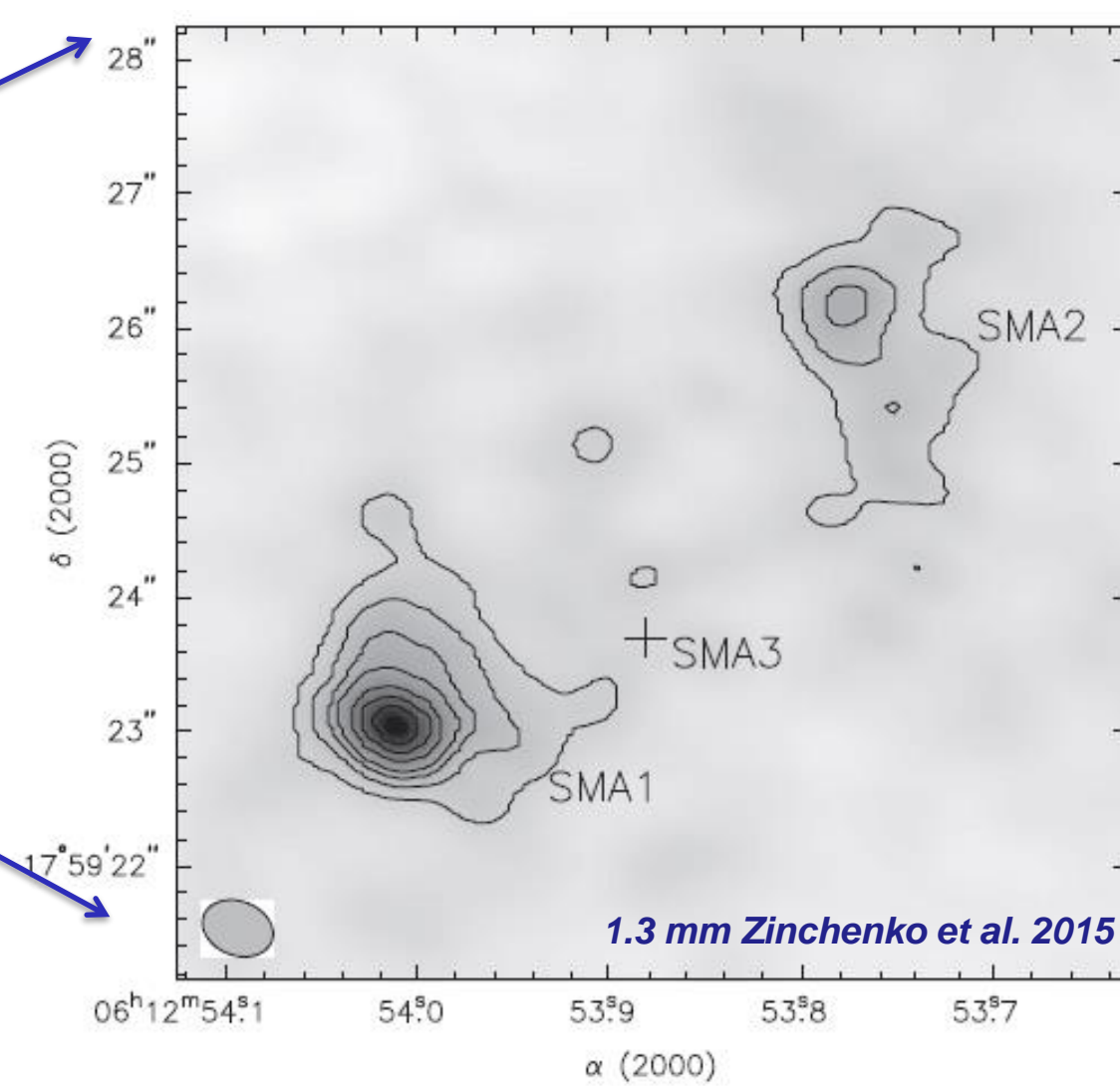
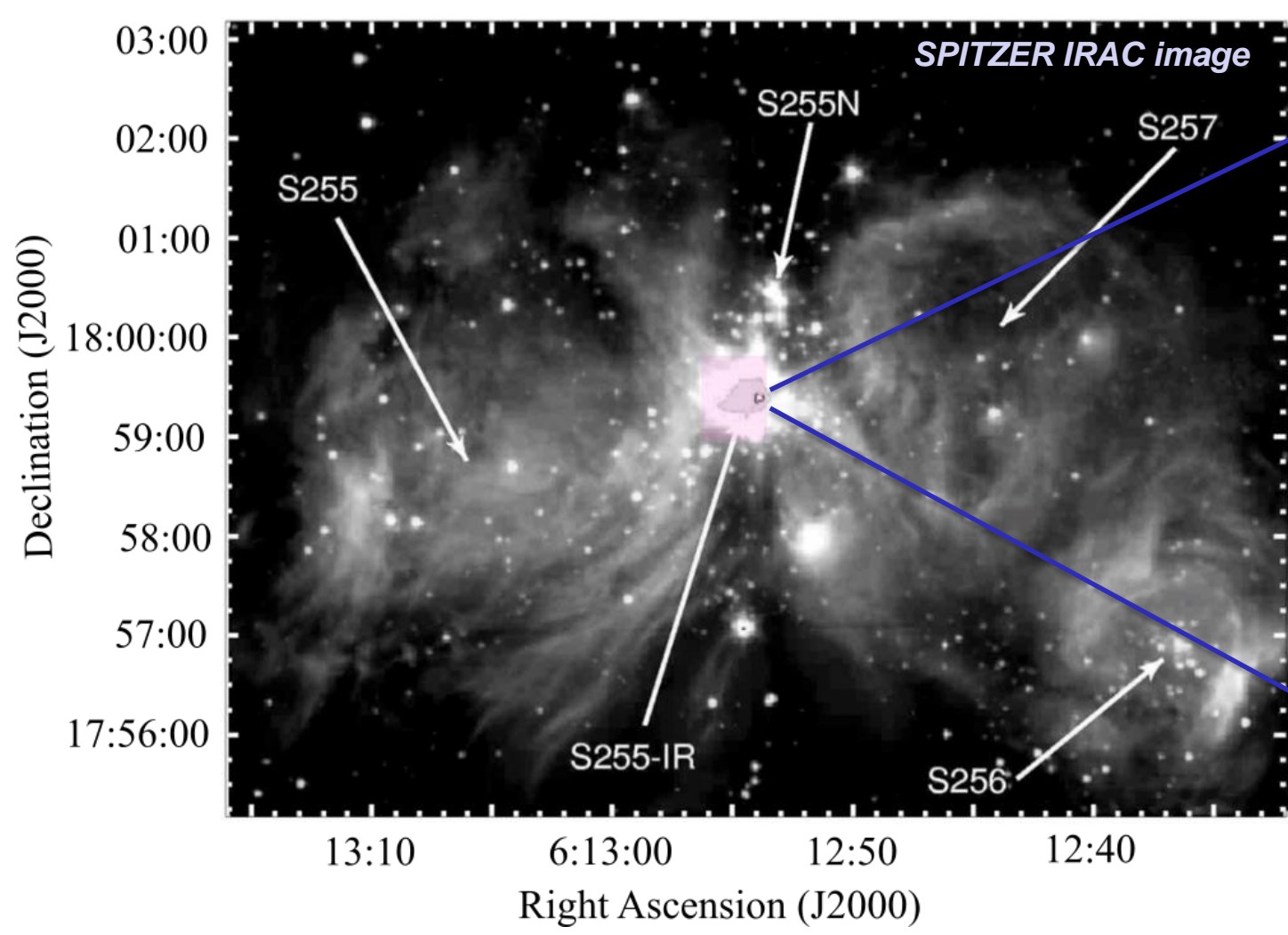




Оценка физических условий в области звездообразования S255IR-SMA1



С. В. Салий
Астрономическая Обсерватория УрФУ



Между развитыми зонами HII S 255 и S 257 расположена известная область звездообразования S 255 IR. Расстояние от Солнца ~ 1.8 кпк [Burns et al. 2016].

В континууме выделяются плотные сгустки SMA1-SMA3 [Wang et al. 2011; Zinchenko et al. 2012, 2015].

Наибольший интерес представляет сгусток SMA-1 – плотное ядро, предположительно диск вокруг массивного ($\sim 20 M_{\odot}$) молодого звездного объекта. Здесь, в 2016 г. впервые зарегистрирована мазерная вспышка в линии метанола $14_1 - 14_0 A^+$ на скорости ~ 2.5 км/с [см. Zinchenko et al. 2017 и ссылки в ней]. Через год интенсивность линии уменьшилась примерно в 2 раза [Sheng-Yuan Liu et al. 2019].

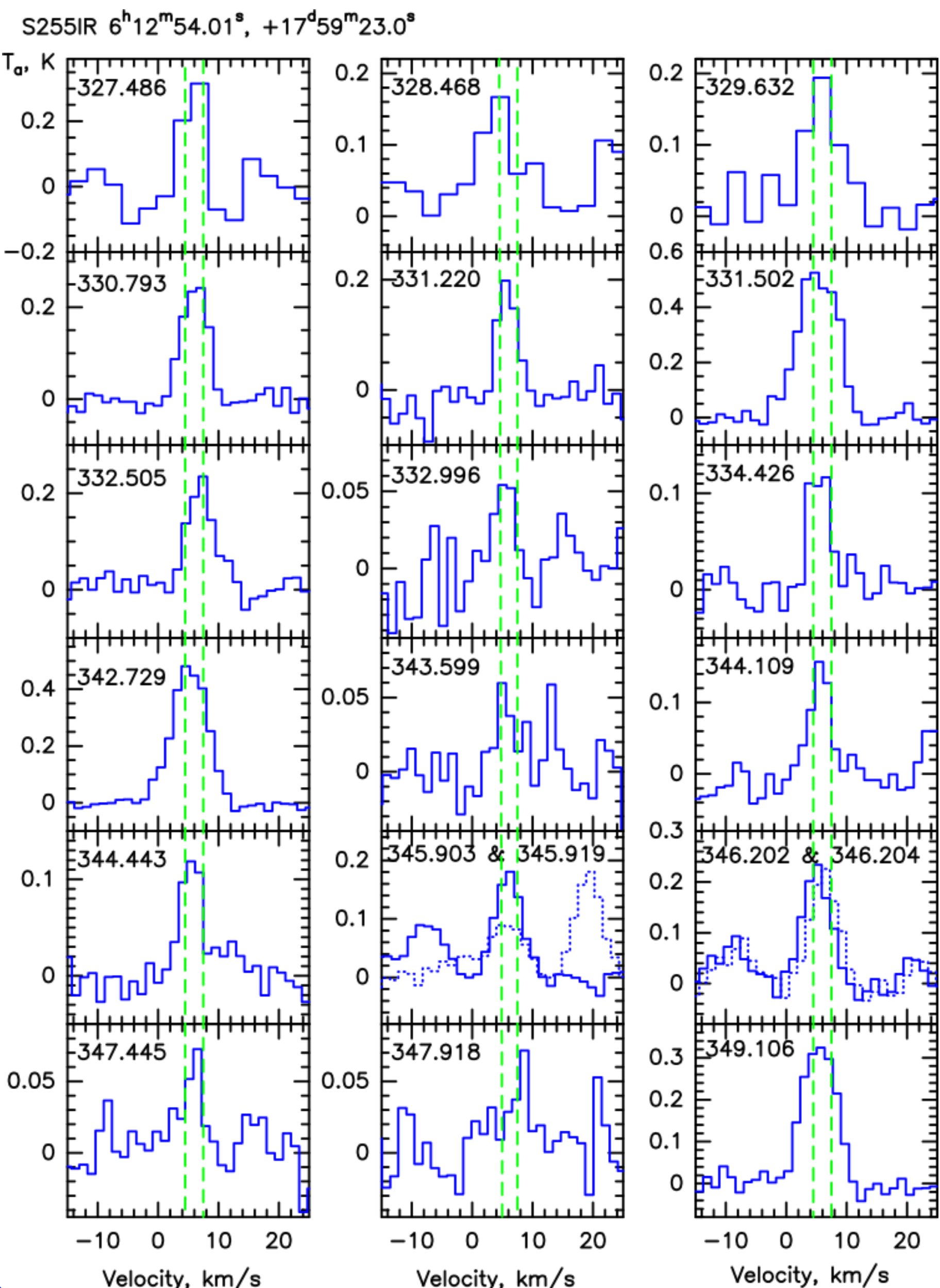
В январе 2019 г. на 30-м радиотелескопе IRAM были проведены наблюдения S255IR-SMA1 $\alpha = 06:12:54.010$, $\delta = +17:59:23.06$ в линиях метанола. Наблюдения проводились в четырех полосах с частотами 326.7–330.7, 329.5–334.5, 342.4–346.4 и 346.1–350.2 ГГц.

На этих частотах размер диаграммы направленности (HPBW) составляет 7.5", спектральное разрешение 1.4 км/с. Уровень шума (2σ) составил ~ 0.03 K (кроме полосы 326.7–328.5 ГГц, где шум к краю диапазона достигает 0.5 K).

Наблюдения выполнены в режиме «wobbler switching mode» с помощью приемника EMIR. Антенная температура калибрована стандартным методом «chopper-wheel».

Согласно каталогу Splatalogue (<http://www.cv.nrao.edu/php/splat/>), в рассмотренные частотные диапазоны попадают 42 перехода метанола с энергией верхнего уровня $E_U < 1000$ K и Эйнштейновским коэффициентом $A_E > 10^{-9} \text{ c}^{-1}$.

В S255IR-SMA1 уверенно (с интенсивностями $> 5\sigma$) отождествлены 9 переходов. Еще 11 переходов регистрируются с меньшей уверенностью.



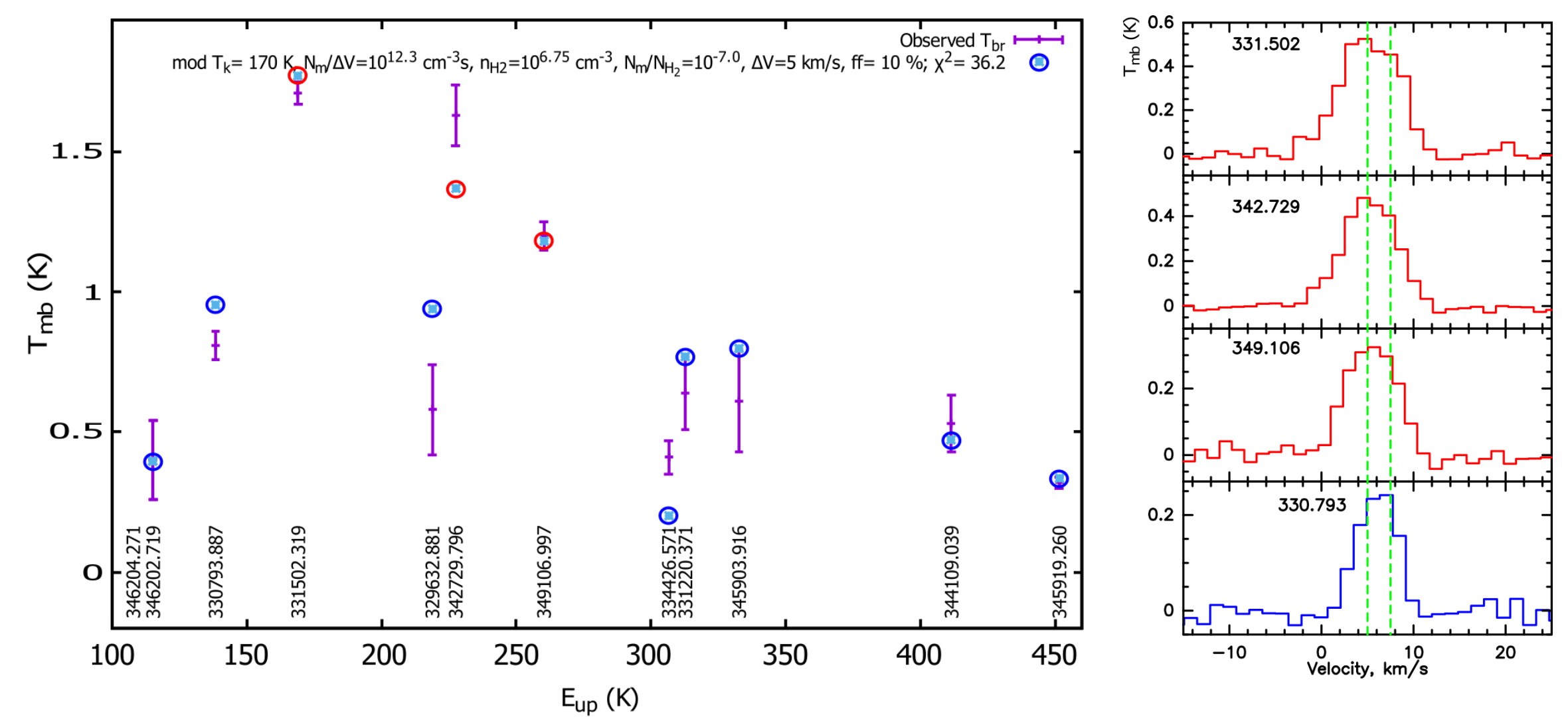
Для оценки физических параметров газа, при которых возбуждаются наблюдаемые линии, использована модель переноса излучения в приближении большого градиента скорости (LVG).

Оценивались параметры: кинетическая температура газа (T_k (K)), плотность молекулярного водорода n_{H_2} (cm^{-3}), удельная лучевая концентрация метанола $N_{\text{CH}_3\text{OH}}/\Delta V$ ($\text{cm}^{-3} \text{ c}$), относительное обилие метанола $N_{\text{CH}_3\text{OH}}/N_{H_2}$ и фактор заполнения диаграммы направленности fil. fac.. В модели не учитываются реальные профили линий, но используется усредненная ширина линий 5 км/с.

В качестве оценок значений физических параметров принимался набор модельных значений интенсивностей линий метанола наиболее близки к наблюдаемым величинам (реализуется минимум χ^2).

Оценка доверительных интервалов для полученных параметров проведена с использованием Байесовского анализа (см, например, [Ward, 2003]).

Оцениваемый параметр	Граница исследуемого диапазона параметров	Значение параметра при минимуме χ^2	Доверительный интервал 95 %
T_k (K)	10 – 600	170	160 – 180
n_{H_2} (cm^{-3})	$10^3 - 10^9$	3×10^6	$3 \times 10^5 - 3 \times 10^7$
$N_{\text{CH}_3\text{OH}}/\Delta V$ ($\text{cm}^{-3} \text{ c}$)	$3 \times 10^7 - 10^{14}$	2×10^{12}	$1.6 \times 10^{12} - 2.5 \times 10^{12}$
$N_{\text{CH}_3\text{OH}}/N_{H_2}$	$10^{-9} - 3 \times 10^{-6}$	10^{-7}	$3 \times 10^{-8} - 3 \times 10^{-7}$
fil. fac. %	10 – 100	10	< 20



Полученные значения параметров характерны для горячих плотных ядер и хорошо согласуются со значениями, определенными в работе [Zinchenko et al. 2015]. Низкий фактор заполнения диаграммы направленности (< 20 %) свидетельствует о существенной неоднородности исследуемого источника в пределах диаграммы направленности. Модельные значения интенсивностей, соответствующие найденным условиям возбуждения, для переходов серии $J_1 - J_0 A^+$ и крутильно-возбужденного перехода $3_0 - 2_{-1} E$ оказались недооцененными, что также указывает на неоднородность объекта.

О неоднородности объекта можно судить и по спектральным профилям наиболее ярких линий (см. рис.). Профили линий на 331.502 и 342.729 существенно негауссовы, явно выделяется синее крыло (от -2 до 3 км/с). Излучение в этом диапазоне скоростей угадывается и на профиле линии на 349.106 ГГц, но отсутствует на профиле линии на 330.793 ГГц.

Предположительно, вклад в излучение в линиях на 331.502 и 342.729 и 349.106 ГГц, помимо сгустков на скоростях ~ 4 и ~ 8 км/с ([Zinchenko et al. 2015]), дает сгусток на скорости ~ 2.5 км/с, в котором было зарегистрировано мазерное излучение на переходе $14_1 - 14_0 A^+$ [Zinchenko et al. 2017]. Возможно, слабое мазерное излучение дает вклад в профили этих линий. Но достоверно выделить соответствующую спектральную компоненту и оценить физические условия при имеющимся спектральном разрешении (1.4 км/с) не представляется возможным.

Для получения более точных оценок физических условий в S255IR-SMA-1 необходимы наблюдения с более высоким спектральным разрешением.