

## Структура объекта W49 по данным РСДБ-наблюдений на длине волны 1.35 см

© А. В. Ипатов<sup>1</sup>, В. А. Демичев<sup>2</sup>, А. Е. Мельников<sup>1</sup>,  
А. Г. Михайлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ИПА РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>ИКИ РАН, г. Москва, Россия

Проведены РСДБ-наблюдения на комплексе «Квazar-КВО» для исследования структуры газопылевого комплекса W49 в линии водяного пара на частоте 22235 МГц в левой и правой круговых поляризациях. Построены радиокарты в поляризованном излучении с различными угловыми усреднениями от 5 до 30 мс дуги. Выделены активные зоны на площадке 2×2 секунды дуги, определены их физические параметры. Источником основного излучения являются компоненты, размеры которых не превышают 5 мс дуги.

**Ключевые слова:** РСДБ, мазеры, области звездообразования, «Квazar-КВО», W49.

### Введение

Институт прикладной астрономии РАН совместно с Институтом космических исследований РАН проводит астрофизические наблюдения на РСДБ-комплексе «Квazar-КВО» на волнах 18 и 1.35 см [1–5]. Наблюдаются мазерные источники W75 и W3 OH в линиях гидроксила (длина волны 18 см) [6], мазеры W49N и Орион KL в линиях водяного пара (длина волны 1.35 см) [2, 3].

В данной работе представлены результаты обработки РСДБ-наблюдений газопылевого комплекса W 49 в мазерной линии водяного пара на частоте 22235 МГц 15 сентября 2013 г. (сеанс Ru-P030). Объект W 49 является активной областью звездообразования и периодически там происходят мощные вспышки мазерного излучения.

## Наблюдения и обработка

РСДБ-наблюдения проводились на трех 32-х метровых радиотелескопах обсерваторий «Светлое», «Зеленчукская» и «Бадары». Схема наблюдений следующая: в начале, в середине и в конце сеанса наблюдаются калибровочные источники — для калибровки полосы пропускания, амплитуды, фазы и поляризации. Остальное время наблюдается исследуемый источник. Во время наблюдений регистрируются значения шумовой температуры системы, эти значения затем используются для амплитудной калибровки.

Регистрируются два канала в правой и левой круговых поляризациях с шириной полосы пропускания 4 МГц, двухбитовым квантованием и суммарным потоком данных 32 Мбит/с.

Корреляционная обработка осуществляется в ИПА РАН на программном корреляторе DiFX [7]. Программный коррелятор DiFX работает в Центре корреляционной обработки ИПА РАН на кластере РАН. Обработка экспериментов на длине волны 1.35 см производится с частотным разрешением 4 кГц и временем накопления 0.5 с.

Обработка данных с коррелятора осуществляется с помощью пакетов программ AIPS [8] и difmap [9]. В результате обработки были

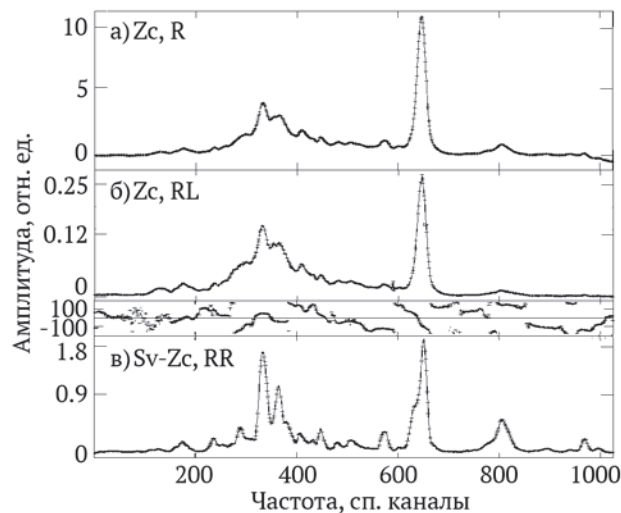


Рис. 1. а — спектр W49 в правой поляризации для одиночного радиотелескопа обсерватории «Зеленчукская»; б — линейно-поляризованная составляющая спектра для одиночного радиотелескопа обсерватории «Зеленчукская»; в — спектр в интерферометрическом режиме в правой поляризации на базе «Светлое»–«Зеленчукская»

получены спектральные профили линий в правой и левой круговых поляризациях (рис. 1). Амплитуда поляризованной составляющей сигнала не превышает 3 % от суммарной величины. Фаза сигнала изменяется вдоль всего спектра, что говорит о наличии большого количества структурных компонент.

### Активные зоны W49

Построены карты активной области источника W49 на эпоху наблюдений. На рис. 2 показано распределение зон мазерного излучения и их спектры. На рисунках со спектрами по оси абсцисс указана

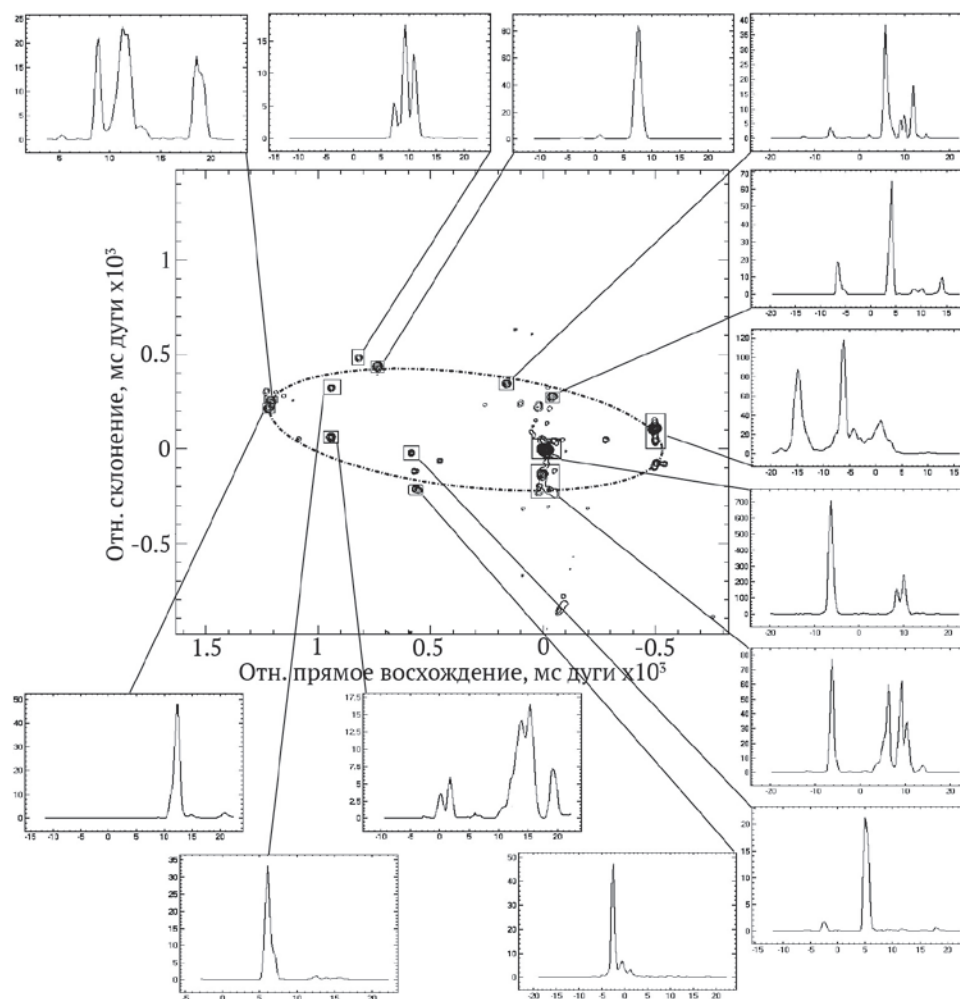


Рис. 2. Распределение активных зон и их спектральные профили

скорость компонент в км/с, по оси ординат — плотность потока излучения в  $\text{Ян} \times 10^3$ . Профили излучения состоят из нескольких линий, что говорит о наличии более тонкой структуры — компактных компонент.

Активные зоны расположены вдоль вытянутой кольцевой структуры размерами  $1.9 \times 0.7$  секунд дуги. В центральной части системы выделяются две ярких детали. Скорости компонент активных зон в местной системе покоя распределены в диапазоне от  $-15$  до  $15$  км/с, при этом наблюдается общий градиент скорости вдоль кольцевой структуры (рис. 3). Зависимость скорости от относительного положения компонент является линейной в первом приближении.

Также получены карты тонкой структуры активных зон с разрешением  $5$  мс дуги (рис. 4) и определены параметры компонент. Яркостные температуры активных зон составляют  $10^{11}$ – $10^{13}$  К, а центральной компоненты порядка  $10^{14}$  К. Размеры компонент не превосходят  $5$  мс дуги. Большая часть зон имеет двойную или более сложную структуру. Наблюдается перепад скоростей в компактных компонентах внутри зон, составляющий в большинстве случаев  $1$ – $5$  км/с.

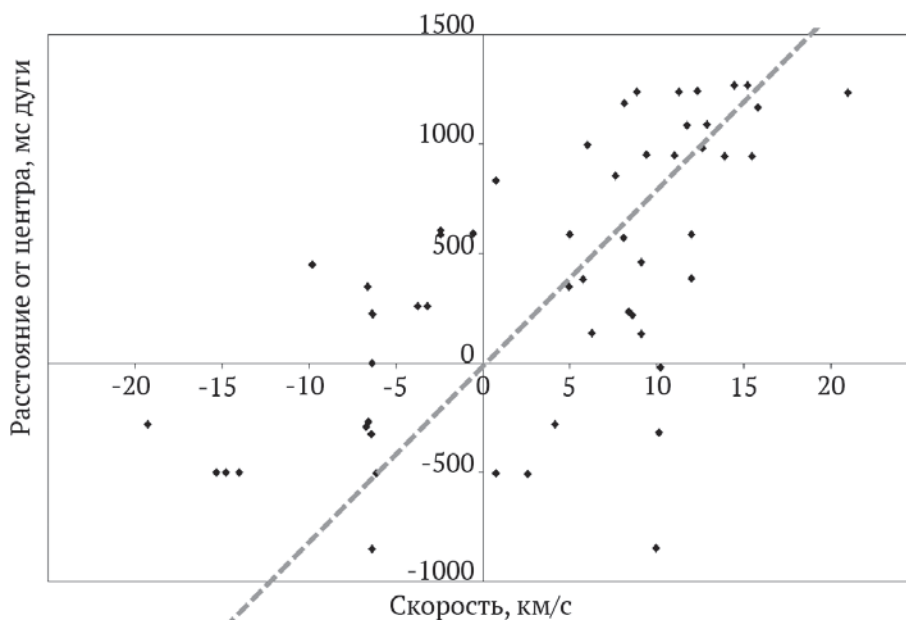


Рис. 3. Зависимость относительного положения компонент от скорости

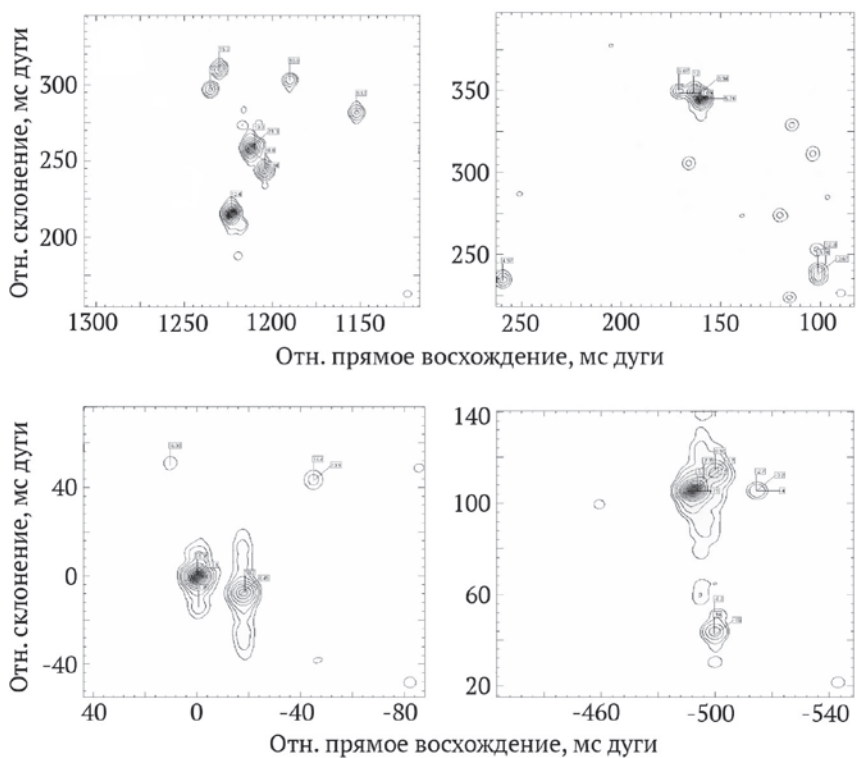


Рис. 4. Тонкая структура некоторых активных зон

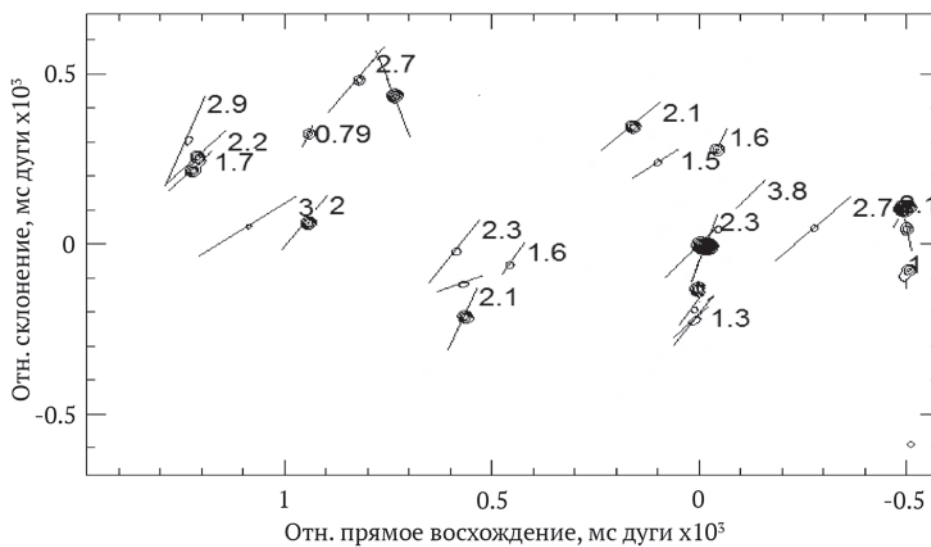


Рис. 5. Линейная поляризация излучения зон. Цифрами обозначен процент поляризации. Линиями показана относительная ориентация

Величина линейно-поляризованной составляющей излучения активных зон находится в пределах 1–3 % от полного потока. На рис. 5 приведена относительная ориентация векторов поляризации компонент. У большинства компонент ориентация векторов совпадает в пределах  $15^\circ$ , что свидетельствует о едином механизме ее формирования.

### **Заключение**

ИПА РАН и ИКИ РАН провели совместные исследования мазерного источника W49 на длине волны 1.35 см.

Получены радиокарты исследуемого объекта с разрешением до 5 мс дуги в поляризованном излучении. Выявлены активные зоны и определены их физические параметры. Яркостные температуры зон достигают  $10^{14}$  К.

Зоны имеют сложный спектр и часто объединены в группы с общим градиентом скорости. Распределение зон по скоростям имеет квазилинейный характер, что, возможно, вызвано вращением структуры как единого целого.

Поляризованная составляющая излучения достигает 3 %, а ориентация векторов поляризации совпадает в пределах 15-ти градусов.

### **Благодарности**

Авторы выражают благодарность Л. И. Матвеевко за помощь в работе. Работа выполнена при частичной поддержке гранта ОФН-17 «Активные процессы в Галактических и внегалактических объектах».

### **Литература**

1. Финкельштейн А. М., Ипатов А. В., Смоленцев С. Г., Рахимов И. А., Гренков С. А., Матвеевко Л. И., Демичев В. А. Мониторинг потока мазерного радиоизлучения источника Orión KL на волне 1.35 см за период с июня 2011 по сентябрь 2011 // Труды ИПА РАН. — СПб.: Наука, 2012. — Вып. 24. — С. 348–353.
2. Матвеевко Л. И., Демичев В. А., Ипатов А. В., Мельников А. Е., Суркис И. Ф. Поляризация мазерного излучения  $H_2O$  источника Орион KL в эпоху 2011.7 // Письма в Астрон. журн. — М.: Наука, 2012. — Т. 38, № 9. — С. 645–651.
3. Матвеевко Л. И., Демичев В. А., Ипатов А. В., Мельников А. Е., Суркис И. Ф. Активная область звездообразования в Орионе KL, эпоха 2012 // Письма в Астрон. журн. — М.: Наука, 2012. — Т. 38, № 12. — С. 853–859.
4. Мельников А. Е., Демичев В. А., Михайлов А. Г., Харинов М. А., Хвостов Е. Ю. Проведение радиоинтерферометрических наблюдений мазерных

источников на комплексе «Квазар-КВО» // Труды ИПА РАН. — СПб.: Наука, 2014. — Вып. 29. — С. 3–7.

5. *Ипатов А. В., Матвеев Л. И., Михайлов А. Г., Мельников А. Е., Харин М. А.* Наблюдения по астрофизическим программам на радиоинтерферометрическом комплексе «Квазар-КВО» // Труды ИПА РАН. — СПб.: Наука, 2014. — Вып. 30. — С. 3–8.

6. *Матвеев Л. И., Ипатов А. В., Демичев В. А., Мельников А. Е.* Структура объекта W3 OH в мазерных линиях гидроксила // Письма в Астрон. журн. — М.: Наука, 2014. — Т. 40, № 2–3. — С. 115–130.

7. *Deller A. T., Tingay S. J., Bailes M., West C.* DiFX: A Software Correlator for Very Long Baseline Interferometry Using Multiprocessor Computing Environments // PASP. — 2007. — Vol. 119. — P. 318.

8. *Wells D. C.* Nrao's Astronomical Image Processing System (AIPS) // Data Analysis in Astronomy. Ettore Majorana International Science Series, vol 24. Springer, Boston, MA / *Gesù V. D., Scarsi L., Crane P., Friedman J. H., Levialdi S.* (eds). — 1985.

9. *Shepherd M. C.* Difmap: An Interactive Program for Synthesis Imaging // Astronomical Society of the Pacific / San Francisco, CA, USA. — 1997. — Vol. 125. — P. 77.

## **W49 Source Structure from VLBI Observational Data of 1.35 cm Wavelength**

**A. V. Ipatov, V. A. Demichev, A. E. Melnikov, A. G. Mikhailov**

The structure of the W49 gas and dust complex has been investigated in the water vapor emission line using the VLBI network «Quasar» at the frequency of 22,235 MHz in the left- and right-hand circular polarization. Radio maps have been obtained in the polarized emission with the angular resolution varied from 5 to 30 mas. Active zones are found on the 2×2' pad, their parameters are estimated. The source of the main emission is the components whose sizes do not exceed 5 mas.»

**Keywords:** VLBI, maser sources, star formation regions, VLBI network «Quasar», W49.