

=====  
Астрокосмический центр ФИАН  
РадиоАстрон  
Информационное сообщение  
Номер 27  
31 марта 2015 г.  
=====

## Исследование космических водяных мазеров на 22 ГГц в проекте РадиоАстрон

### Первый внегалактический мазер, зарегистрированный на базах больше диаметра Земли: NGC 4258

Галактика NGC 4258 (Мессье 106), находящаяся на расстоянии примерно 24 млн. световых лет в направлении созвездия Гончих Псов, является прототипом галактик, в которых наблюдается мазерное излучение в линии молекулы воды от газового аккреционного диска вокруг сверхмассивной черной дыры в центре. Это излучение наблюдается в виде многочисленных компактных деталей очень большой светимости (т.н. мегамазер), по расположению и движению которых можно изучать структуру диска и определять расстояние до галактики.

Накачка таких мазеров черпает энергию из рентгеновского излучения центральной части галактики. Наличие множества наблюдаемых компонент объясняется неустойчивостями и турбулентностью в диске. Интерферометрический отклик от компактных мазерных деталей был зарегистрирован на наземно-космических базах между космическим радиотелескопом Спектр-Р проекта РадиоАстрон и двумя наземными станциями: 100-м радиотелескопом в Грин-Бэнк (США) и 32-м телескопом в Торуне (Польша). Проекция базы интерферометра в этих наблюдениях достигала примерно 2 диаметров Земли, что соответствует угловому разрешению около  $110 \mu\text{as}$  (Рис. 1).

Успешная регистрация внегалактических мазеров на наземно-космическом интерферометре РадиоАстрон открыла возможность проведения исследований объектов за пределами нашей галактики методом космической интерферометрии. Этот метод позволяет многократно увеличить угловое разрешение, необходимое для определения точных положений мазеров и исследования движений газа в околоядерных дисках других галактик, что чрезвычайно важно для измерения расстояний и изучения структуры Вселенной.

### Мазеры в областях звездообразования Orion KL, W49 N, W3 (H<sub>2</sub>O)

В рамках ключевой научной программы РадиоАстрон было обнаружено излучение от очень компактной детали водяного мазера, связанного с ближайшей к нам областью образования массивных звезд Orion KL. Она расположена на расстоянии 1370 св. лет от Солнца и является частью комплекса молекулярных облаков в созвездии Ориона. В этом источнике протекают активные процессы звездообразования, сопровождаемые мощным мазерным излучением. Компактная мазерная деталь связана со струйным истечением из аккрецирующего молодого звездного объекта. Оценки показывают, что яркостная температура мазера может превышать  $10^{15}\text{K}$ . Коррелированный сигнал был получен в двух экспериментах в ноябре-декабре 2013 г. на базе между космическим радиотелескопом Спектр-Р проекта РадиоАстрон и наземными радиотелескопами в Йебесе (Испания, 40-м), Торуне (Польша, 32-м) и 26-м телескопе около Йоханнесбурга (ЮАР). Проекция базы интерферометра во время наблюдений достигала  $\sim 3.5$  диаметра Земли, размеры радиоинтерферометрических

лепестков —  $\sim 63$  микросекунды дуги. На расстоянии Orion KL это соответствует линейному размеру примерно в 0.03 астрономических единицы (около 3 диаметров Солнца).

18 апреля 2014 были проведены наблюдения одного из наиболее удаленных источников мазерного излучения в линии водяного пара в Галактике — области звездообразования W49 N, находящейся на расстоянии около 36 тысяч св. лет в спиральном рукаве Персея. Совместно с космическим телескопом в эксперименте принимал участие 100-м телескоп в Эффельсберге (Германия). Проекция базы интерферометра во время наблюдений достигала  $\sim 3$  диаметров Земли, угловое разрешение составляло  $\sim 73$  микросекунды дуги.

Научная группа продолжает работать над улучшением алгоритмов анализа научных данных. В результате был обнаружен интерферометрический отклик в сеансе 2012 г. в направлении на комплекс ярких водяных мазеров W3 (H<sub>2</sub>O). Коррелированный сигнал был зарегистрирован на проекциях базы до 3.8 диаметров Земли между космическим радиотелескопом и наземными антеннами в Эффельсберге и Йебесе, размеры радиоинтерферометрических лепестков составляли  $\sim 58$  микросекунд дуги.

Эти наблюдения позволяют получить оценки яркостных температур и размеров мазерных источников.

## Картографирование водяных мазеров

Получены результаты картографирования водяных мазеров в области звездообразования W3 IRS5 на наземно-космическом интерферометре РадиоАстрон в рамках одной из ключевых научных программ проекта. Наблюдения состоялись 17 октября 2013 г. Совместно с РадиоАстроном в эксперименте принимали участие Европейская РСДБ сеть (EVN), включая российские телескопы системы Квазар-КВО. Значимый интерференционный сигнал получен до проекции базы в  $\sim 6$  диаметров Земли. Это позволило достичь рекордного углового разрешения в 36 микросекунд дуги. Изображение самой яркой компоненты мазера в W3 IRS5 представлено на рисунке 2 слева. Изображение мазерного пятна, построенное по данным наземных телескопов (серые контуры), имеет протяженную структуру, за исключением очень компактной детали (черные контуры), видимой вплоть до 6 диаметров Земли. Анализ данных РадиоАстрон и японского интерферометра VERA позволил отождествить положение компактных деталей мазера, наблюдавшихся на наземно-космических базах (рис. 2, справа). Это дает научной группе возможность исследовать структуру и физические характеристики этой области звездообразования и уточнить механизм накачки.

Николай Кардашев (nkardash@asc.rssi.ru)

Юрий Ковалев (yuk@asc.rssi.ru)

Проект РадиоАстрон осуществляется Астрокосмическим центром Физического института им. П.Н. Лебедева Российской Академии наук и Научно-производственным объединением им. С.А. Лавочкина по контракту с Российским космическим агентством совместно с многими научно-техническими организациями в России и других странах.

Для подписки / отписки на рассылку данного информационного сообщения используйте ссылку:

<http://asc-lebedev.ru/index2.php?engdep=22>

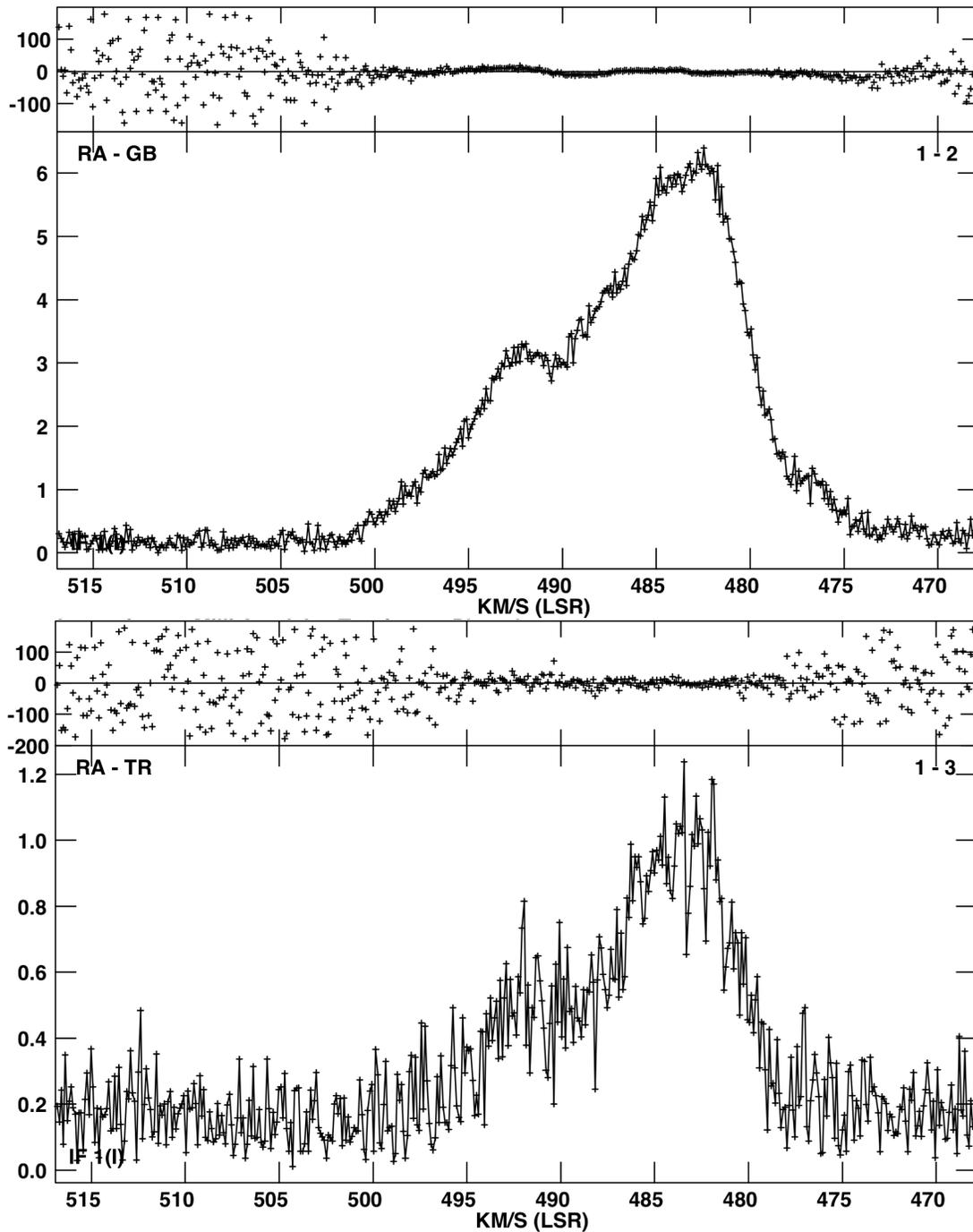


Рис. 1: Кросс-корреляционный спектр мегамазерного излучения NGC4258, полученный между 10-м космическим радиотелескопом (КРТ) и наземными телескопами: 100-м радиотелескопом в Грин-Бэнке (вверху) и 32-м радиотелескопом в Торунь (внизу). Упорядоченное поведение фазы (верхняя часть рисунка) указывает на диапазон скоростей, в котором зарегистрирован отклик интерферометра. В области, где интерферометрический сигнал от мазерных компонент отсутствует или теряется в шумах, фаза изменяется хаотически между соседними каналами. По осям отложены: амплитуда коррелированного сигнала в относительных единицах и фаза в градусах в зависимости от скорости спектральной детали в км/с относительно локального стандарта покоя.

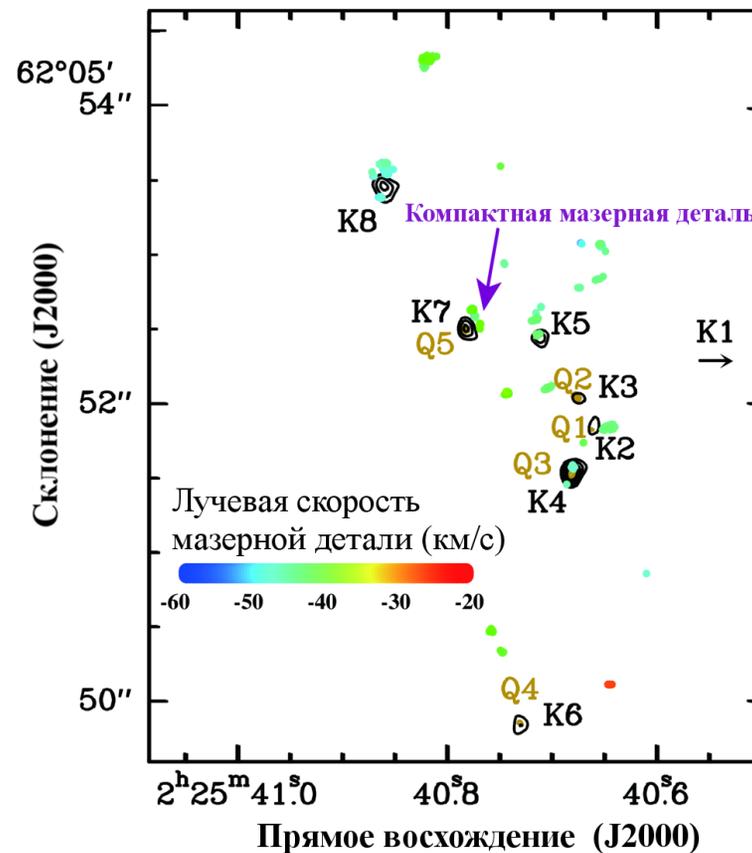
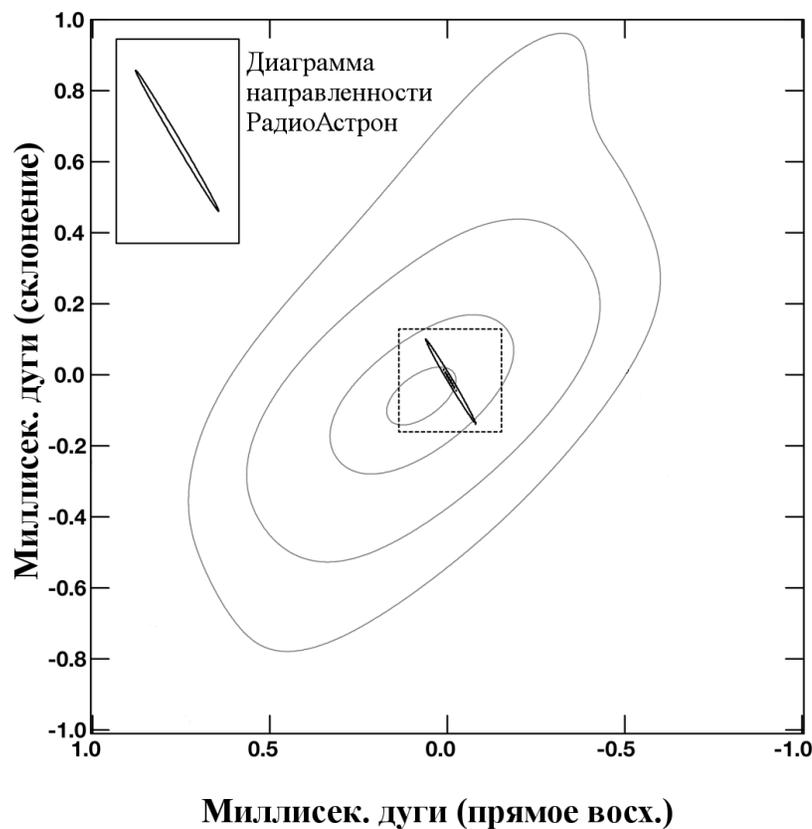


Рис. 2: W3 IRS5 слева: контурное изображение самого яркого мазерного пятна в линии  $\text{H}_2\text{O}$ , зарегистрированного на наземно-космических базах (данные получены во время совместного с Европейской РСДБ-сетью, включающую станции Квazar-КВО, сеанса 17 октября 2013 г.). Карта построена в узком диапазоне лучевых скоростей (0.1 км/с), соответствующих максимуму излучения наиболее яркой детали спектра. Серые и черные контуры показывают распределение яркости, полученное только на наземных базах и только на наземно-космических базах соответственно. Синтезированная диаграмма направленности наземно-космического интерферометра показана в верхнем левом углу изображения. Боковые лепестки, достигающие в наземно-космическом изображении уровня в 60 % от величины истинного пика в центре, не показаны во избежание путаницы. Справа показана карта распределения мазерных деталей в W3 IRS5, полученная в наблюдениях японского интерферометра VERA. Коричневые и черные контуры показывают распределение яркости 7-мм и 13-мм континуумного излучения, соответственно (van der Tak et al. 2005). Положение самой яркой из компактных деталей, обнаруженных на РадиоАстроне, показано стрелкой.