

УГЛОВАЯ СТРУКТУРА КВАЗАРА 3С47 В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН

Лозинский А.Б.¹, Лозинский Р.А.¹, Ивантишин О.Л.¹, Романчев Ю.В.¹, Рашковский С.Л.²,
Шепелев В.А.², Браженко А.И.³, Ващишин Р.В.³, Литвиненко О.А.⁴

¹ Физико-механический институт НАН Украины, Львов
Lozynsky@ah.ipm.lviv.ua

² Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков
shep@ri.kharkov.ua

³ Гравиметрическая обсерватория ИГФ НАН Украины, Полтава
vrv.uran2@gmail.com

⁴ Лаборатория УРАН-4 РИНАНУ, Одесса
uran4@te.net.ua

ABSTRACT. The quasar 3C47 was observed with the URAN network at decameter wavelengths. A model of its angular structure consisting of four components was fitted. Lobes of the source are enlarged significantly in the range if compare with their high frequency dimensions. The hot spots emission is detected at low frequencies but a radio core is disappeared completely due to its flat spectrum.

Угловая структура радиоисточника 3С47, одного из наиболее интенсивных квазаров северного неба, исследовалась в широком диапазоне длин волн. По результатам картографирования на дециметровых волнах [1] он имеет классическую двойную структуру с ядром, лепестками и горячими пятнами в них и односторонним джетом, показанную рис.1. Исследования квазара на декаметровых волнах были проведены в 1988 – 1989 гг [2] с помощью интерферометра УРАН-1 с базой 42 км. Анализ данных показал, что протяженные компоненты наблюдаются и на декаметровых волнах, однако параметры инструмента не позволили детально исследовать структуру и определить наличие излучения компактных деталей радиоисточника. Современная сеть интерферометров УРАН [3] с базами вплоть до 950 км, в особенности новая широкополосная приемная аппаратура, позволили провести более детальное исследование структуры квазара. Такие наблюдения были проведены в 2007 – 2009 гг. Получен интерференционный отклик на всех базах интерферометра вплоть до самой длинной – интерферометра УРАН-3.

Для восстановления радиоизображения источников в декаметровом диапазоне при ограниченном покрытии UV плоскости и отсутствии фазовых измерений

применяется метод подбора моделей распределения яркости по модулям функции видности полученным на УРАН [4]. Он заключается в представлении реального распределения яркости источника в виде ограниченного количества компонентов определенной, удобной для расчетов формы. В качестве составляющих моделей угловой структуры используются эллиптические компоненты с произвольной ориентацией осей при гауссовом распределении их радиояркости. Изменяя параметры модели (размеры, потоки и взаимное положение компонентов) и рассчитывая отклик, даваемый таким «радиоисточником» на интерферометрах сети УРАН, добиваются согласования расчетных и экспериментальных зависимостей модуля функции видности от часового угла.

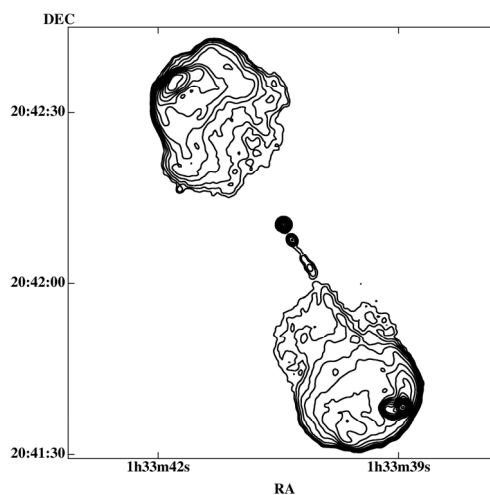


Рисунок 1. Карта квазара 3С47 на частоте 1,65 ГГц.

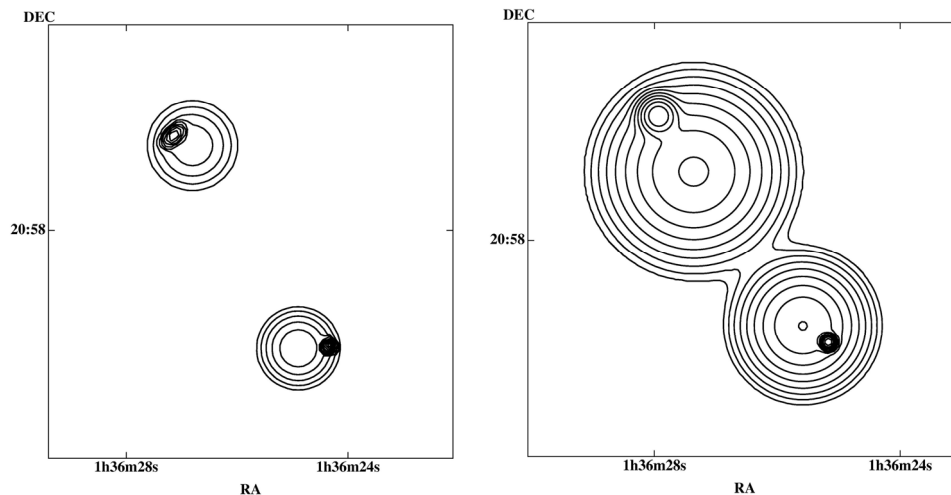


Рисунок 2. Высокочастотная (слева) и низкочастотная (справа) модели квазара

При ограниченном количестве экспериментальных данных для корректного определения распределения яркости весьма важно выбрать удачное начальное приближение для искомой модели, что позволяет сузить область поиска возможных решений и, как следствие, сократить время счета. Для этого можно воспользоваться цифровой версией приведенной выше карты. По такой карте рассчитываются часовые зависимости для интерферометров с геометрией, как у сети УРАН, и с их помощью, по описанной выше методике, подбирается наиболее простая модель, хорошо описывающая реальное распределение радиояркости источника, представленное на выбранной карте. При этом расчетные часовые зависимости от карты сравниваются с расчетными зависимостями от модели. Эта процедура эквивалентна подбору модели по экспериментальным данным с очень хорошим соотношением сигнал/шум и поэтому, как правило, не представляет труда подобрать хорошую модель даже при ограниченном числе баз и длин треков на UV-плоскости. С другой стороны полученный результат всегда можно сравнить с оригиналом – картой. В результате преобразования карты в модель, как правило, происходит и выделение отдельных структурных элементов радиоисточника, таких как компактные горячие пятна или ядро, протяженные лепестки или гало, с определением их положения, размеров в гауссовом приближении и потоков. Хотя при этом компактные детали не исключаются из анализа, однако часто происходит определенное сглаживание структуры, отказ от анализа мелкомасштабных деталей распределения яркости в протяженных частях источника. В частности, из анализа зачастую исключаются джеты, ввиду малой контрастности и небольшого вклада в суммарное излучение источника.

Для квазара 3C47 имеются цифровые карты с высоким разрешением порядка одной угловой секунды и хорошим представлением протяженных лепестков, полученные на VLA на частотах 1,65 ГГц и 4,88 ГГц. Прделав процедуру преобразования этих карт в мо-

дель, мы получили параметры модели угловой структуры источника на обеих частотах. Подбиралась пятикомпонентная модель, состоящая из двух лепестков, двух горячих пятен в них и центрального компактного ядра. Положение и размеры компонентов на обеих частотах хорошо совпали, а полученные плотности потоков деталей позволили определить их спектральные индексы. Ядро источника, что характерно для таких компонентов, имеет плоский спектр со спектральным индексом на дециметровых и сантиметровых волнах $-0,14$ и его вклад в общее излучение источника уменьшается с 6% на 4,88 ГГц до 2,5 % на 1,65 ГГц. Вследствие этого в дальнейшем анализе его вклад не учитывался. Спектральные индексы горячих пятен и лепестков позволили экстраполировать потоки этих компонентов модели к низким частотам в предположении степенных спектров и определить модель начального приближения для расчета низкочастотной структуры источника. Полученные таким образом модели показаны на рис. 2.

На левой панели представлена экстраполированная модель, размеры компонентов которой соответствуют высокочастотным картам квазара. На правой панели рисунка показана низкочастотная модель радиоисточника, подобранная по экспериментальным данным интерферометров УРАН на частотах 20 и 25 МГц. Потоки компонентов хорошо согласуются с экстраполированными данными, однако размеры протяженных лепестков существенно увеличились на дециметровых волнах. Кроме того центры протяженных компонентов сместились в сторону центра источника, в то время как положение компактных горячих пятен на дециметровых волнах совпадает с их координатами на высоких частотах. Увеличение размеров и смещение центров лепестков объясняется наличием в них синхротронных потерь на излучение. При этом релятивистские электроны в наиболее близких к центру источника (более старых) частях лепестков потеряли больше энергии, и мощность их излучение на сантиметровых волнах

недостаточна для обнаружения. На декаметровых же волнах мощность их излучения достаточно велика, что и вызывает смещение центра тяжести лепестков в сторону более старых областей источника. Угловые размеры горячих пятен несколько увеличены по сравнению с высокими частотами из-за рассеяния радиоволн на неоднородностях межзвездной среды. Излучение ядра, как и следовало ожидать при его плоском спектре, интерферометрами УРАН не обнаруживается.

Литература

1. Fernini, J.O.Burns et al.: 1991, *Astrophysical Journal*, Vol. 381, p.63-71.
2. А.В.Мень, С.Я.Брауде и др.: 1995, *Изв. ВУЗов Радиофизика*, Т. XXXVIII, № 6, с.511-521.
3. А.В.Мень, С.Л.Рашковский и др.: 1998, *Радиофизика и радиоастрономия*, Т.3, №3, с.284–293.
4. А.В.Мень, С.Л.Рашковский, В.А.Шепелев: 2001, *Радиофизика и радиоастрономия*, Т.6, №1, с.9–20.