Представление цикла работ на конкурс ИКИ РАН 2017 г.

Авторы: Л.И.Матвеенко, В.А.Демичев, Селезнев С.В. и С.С. Сиваконь.

«РСДБ - СВЕРХТОНКАЯ СТРУКТУРА ЯДЕР ГАЛАКТИК И ОБЛАСТЕЙ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ»

Ссылки на публикации:

1. *Л.И.Матвеенко,* С.В. Селезнев *«АКТИВНАЯ ЗОНА ЯДРА КВАЗАРА 3С 273» Письма в Астрономический журнал, 2017, том 43,№4, с. 254–266.*
2. *Л.И.Матвеенко,* В.А.Демичев *«СТРУКТУРА БАЛДЖА ГАЛАКТИКИ NGC 4258», 2017, Письма в Астрономический журнал, том 43,№9, с. 633–642.*
3. *Л.И.Матвеенко,* В.А.Демичев, С.С. Сиваконь *«КИНЕМАТИКА СТРУКТУРЫ АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ ОРИОНА КЛ» Письма в Астрономический журнал, 2017, том 43, №6, с. 444–459.*

Общая формулировка проблемы:

Активные процессы, протекающие в ядрах галактик и областей звездообразования, являются ключевыми для познания их природы. В.А.Амбарцумян считал, что формирование звезд не определяется гравитационной неустойчивостью и многие годы оставался открытым. Остается открытым и вопрос связи галактик с черными дырами. Открыт вопрос происхождения и развития основных объектов вселенной галактик звезд. Необычайно малые квазизвездные угловые размеры рассматриваемых объектов недоступны прямым измерениям их структуры и тем более кинематики протекающих процессов, определению источников энергии, разогрева и ускорения вещества, эжекции высоко коллимированных потоков с околосветовыми скоростями. Мощное мазерное излучение в линиях водяного пара по представлениям И.С.Шкловского сопутствующее активным процессам формирования планетных систем позволяет определить трехмерную структуру области и реализовать сверхвысокие угловые разрешения, достигающие нескольких микросекунд дуги. Результаты исследований сверхтонкой структуры типичных представителей АГН объектов известного квазара 3С 273, галактики NGC 4258 и активной области газопылевого комплекса Ориона с предельным угловым разрешением представлены в цикле работ.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение:

Прямые измерения сверхтонкой структуры рассматриваемых объектов стали возможны благодаря развитию метода РСДБ, предложенному 55 лет назад на Центре дальней космической связи Евпатория для прецизионной астронавигации. Метод успешно применялся ИКИ для определения траекторий движения баллонов в атмосфере Венеры и получил дальнейшее развитие для исследований сверхтонкой структуры астрономических объектов в том числе в мазерных линиях. Совершенствование метода позволило не только реализовать прецизионные измерения космических средств – проект ВЕГА, но и достичь предельного углового разрешения и исследовать сверхтонкую структуру астрономических объектов, в том числе представленных в данном цикле работ.

Используемый подход, его новизна и оригинальность:

Прямые измерения сверхтонкой структуры рассматриваемых объектов стали возможны благодаря развитию метода РСДБ, предложенному 55 лет назад на Центре дальней космической

связи Евпатория для прецизионной астронавигации. Созданы глобальные РСДБ сети. Метод успешно применялся ИКИ для определения траекторий движения баллонов в атмосфере Венеры и получил дальнейшее развитие для исследований сверхтонкой структуры астрономических объектов в том числе в мазерных линиях. Совершенствование метода позволило достигнуть предельного углового разрешения и исследовать сверхтонкую структуру астрономических объектов с угловым разрешением до 20 мксек. дуги, а в мазеных линиях до 2 мксек, в том числе объектов, представленных в данном цикле работ. Впервые видим структуру активных зон астрономических объектов.

Полученные результаты и их значимость:

Открыты процессы, протекающие в активных областях ядер галактик и областей звездообразования, уникальны и не имеют аналогов в мире.

Квазар 3С 273. Получена сверхтонкая структура квазара 3С 273 на волнах λ = 2 и 6 см с оптимальными угловыми разрешениями φ = 20 мксек. и 50 мксеек, эпохи 2005–2014 гг., рис.1. Выделено сопло и биполярный поток: джет и контрджет. Скорость эжекции потоков $v \le 0.1c$. Яркостная температура сопла достигает $T_b \approx 45{\times}10^{12}$ К, λ = 2 см. Эжектированные электроны высвечиваются на расстоянии до 4 пк. Однако, послесвечение джета наблюдается до $\rho \approx 16$ пк, что определяется ускорением потока, компенсирующим потери излучения. Сопло контрджета находится ближе к наблюдателю, джета—в удаленной части. Отрыв джета от сопла определяется поглощением тепловой плазмой диска. Релятивистская плазма поступает по рукавам к соплу яркостная температура которых достигает 10% пикового значения. Центральный высокоскоростной поток окружен низкоскоростными составляющими, эжектируемыми по мере накопления избыточного углового момента. Диаметр внешнего сопла Ø = 25 пк и далее экспоненциально уменьшается; $Ø_n \approx 80\ \exp(-1.15n)$ пк. Во вращающихся потоках—трубках, возбуждаются кольцевые токи - магнитные поля, ускоряющие и стабилизирующие протекающие процессы. Кинематика, коллимация и ускорение потоков, магнитные поля имеют вихревую природу.

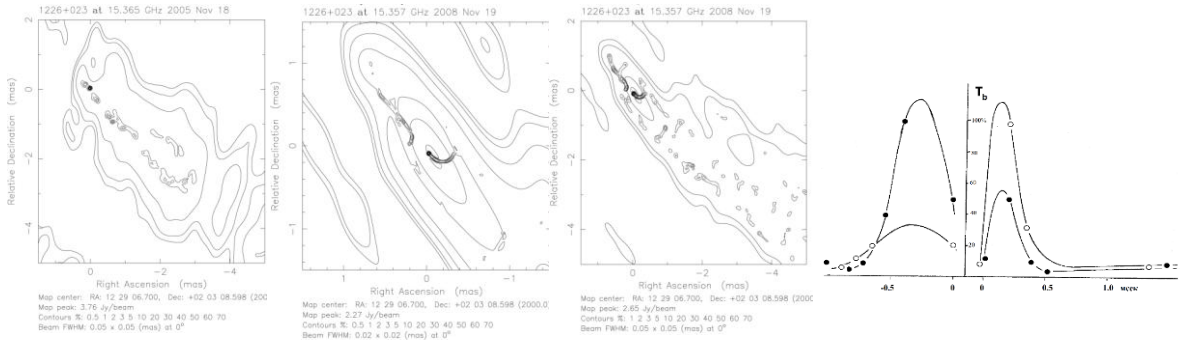

Рис. 1. Тонкая структура квазара 3С 273, эпохи 2005 и 2008 гг. Разрешение 20 и 50 мксек. Распределение яркости в высокоскоростном биполярном потоке 2007г. (●--●--●--●) и 2008 (o--o--o--o). Яркости джета и контрджета спадают на расстоянии 0.5 мсек, но послесвечение джета наблюдается существенно дальше.

Галактика NGC 4258.

Структура балджа галактики в H_2O мазерном излучении, λ=1.35 см, эпохи 04.02.2013 и 29.11.2013 с разрешением до 5≥φ≥2 мксек состоит из цепочки компактных компонент, протяженностью до 200 мксек. дуги или 7 мпк рис.2. Компоненты соответствуют тангенциальным направлениям спиральных рукавов. Две яркие компактные компоненты разнесены на Δρ ≈ 35 мксек. дуги, расстояние между двумя центральными 13 мксек. дуги, яркости достигают $T_b \approx 10^{18}$ К– Рис.2 справа. Градиент скорости равен dV/dρ = 224 км/с/мсек. дуги, что предполагает твердотельное вращение с периодом Т ≈ 760 лет. Из центральной части балджа в направлении Х ≈ 15° эжектируются две параллельные цепочки компонент, соответствующие тангенциальным

направлениям стенок биполярного потока. В эпоху 4.02.2013 на скорости v = 478 км/с из центральной части происходит эжекция вещества в северном направлении, яркость 0.2%, Tb ≈ 10^{15} K. Двойная структура предполагает параллельные диски–вихри, разнесенные на 0.25 мпк друг относительно друга. Структура и кинематика соответствуют вихревой природе.

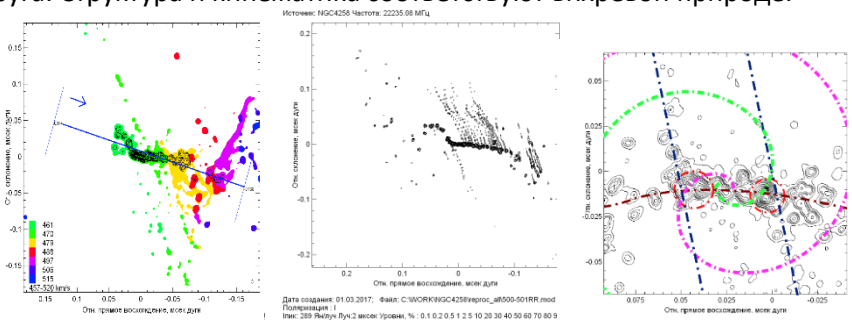

Рис.2. Структура балджа NGC 4258 в мазерном излучении, эпоха 29.11.2013, разрешение φ=5 мксек. дуги, цвет - скорости фрагментов структуры - слева. Структура балджа Мφ 2 мксек. дуги, истечение вещества вверх - центр. Спиральные рукава, тангенциальные направления которых соответствуют компактным источникам, - справа. Штрихпунктирными линиями обозначены стенки пустотелой трубки – биполярного потока.

Орион КЛ. Исследования активной области в H_2O-мазерном излучении в период низкой активности эпохи 1998–2003 гг. позволили выделить протяженные структуры низкой яркости в области сопла и низкоскоростные составляющие биполярного потока – пустотелых трубок диаметрами $Ø_3$ ≈ 4.5 а.е., $Ø_2$ ≈ 0.5 а.е. $Ø_1$ ≈ 0.24 а.е. и центрального $Ø_o$ ≈ 0.05 а.е. Наблюдаемое смещение относительно центрального потока определяется истечением вещества из спирального рукава по мере накопления избыточного углового момента. Эпизодически наблюдаются потоки спиральной формы, рис. 1, что подтверждает газодинамические решения. Коллимация и ускорение потоков определяется вращением. Окружающее вещество перетекает по спиральным рукавам к центру и эжектируется, унося избыточный угловой момент по мере его накопления – формируется коаксиальная структура потока и твердотельное вращение диска. Остаточное вещество выпадает на центральное тело - протозвезду, гравитационное поле которой ускоряет и стабилизирует процесс. Мазерное излучение определяется ударным возбуждением молекул водяного пара молекулами водорода, скорость которых превышает скорость молекул водяного пара более чем на 10 км/с. Скорость истечения молекул водяного пара центрального потока достигает 5 км/с и нарастает до 40 км/с на расстоянии 2 а.е.

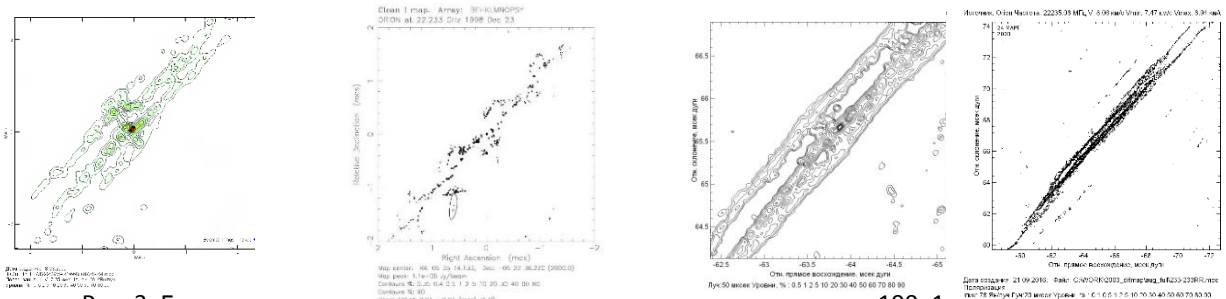

Рис. 3. Биполяр… …излучении: φ=100, 10, 50 и 20 мксек.

Вывод. 3С 273, NGC 4258 и Орион КЛ столь разные объекты имеют идентичную структуру и кинематику, соответствующую вихревой природе. Окружающее вещество перетекает по спиральным рукавам к центру и эжектируется по мере накопления избыточного углового момента в виде биполярного потока, определяя твердотельное вращение. Остаток выпадает на формирующееся центральное тело, гравитационное поле которого ускоряет и стабилизирует процесс. В случае

плазмы возбуждаются токи – магнитное поле, которое дополнительно ускоряет и стабилизирует систему, ускоряет–тормозит джет-контрджет.