

УТВЕРЖДАЮ:
Вр.и.о. директора САО РАН
член-корр. РАН, доктор физ.-мат. наук



Ю.Ю. Балега
июня 2015 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук

Диссертация «**Наблюдательные характеристики широкодиапазонного излучения блазаров**», представляемая на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия, выполнена в лаборатории радиоастрофизики САО РАН.

В период подготовки диссертации соискатель, **Муфахаров Тимур Васильевич**, работал в должности инженера и учился в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук (САО РАН). В 2011 году Т.В. Муфахаров окончил Казанский федеральный университет по специальности астрономия. Научный руководитель – доктор физико-математических наук, заместитель директора по научной работе САО РАН Мингалиев Марат Габдуллович.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

В работе исследованы наблюдательные характеристики блазаров и связь их излучения в различных диапазонах электромагнитного спектра (в радиодиапазоне использованы измерения РАТАН-600, в остальных диапазонах – доступные литературные данные). В диссертации приводятся результаты многочастотных наблюдений - измерения плотности потока на частотах 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц и анализ радиоспектров нескольких сотен блазаров, проведенных с участием автора.

Приводятся результаты анализа взаимосвязи излучений в джете и аккреционном диске блазаров. Показано, что состояние лацертид в радиодиапазоне (активное или спокойное) влияет на величину коэффициента корреляции потока в радиодиапазоне и потока от области образования широких линий.

Анализ корреляции излучения в радио/гамма-диапазоне по данным РАТАН-600 и Fermi-LAT выявил значимую корреляцию для обоих подклассов блазаров - лацертид и квазаров с плоским спектром, для всех пяти рассмотренных радиочастот (2.3-21.7 ГГц) и двух гамма полос (0.1-1 ГэВ). Этот результат говорит в пользу тесной взаимосвязи гамма- и радиоизлучения и образования их из одной популяции фотонов. Полученные результаты служат подтверждением синхрокомптоновского механизма излучения в блазарах (особенно для лацертид). Выявлено, что коэффициент корреляции излучения в радио- и гамма-диапазоне чувствителен к рассматриваемой частоте для квазаров с плоским спектром. Корреляция с излучением в гамма-диапазоне заметно выше для 21.7 ГГц, чем для 2.3 ГГц.

Приводятся результаты оценки значения частоты максимума синхротронной компоненты спектрального распределения энергии (SED) для выборки 875 блазаров из наблюдательного списка РАТАН-600 по неодновременным литературным данным. На основе этого проведена классификация блазаров выборки по типу SED и найдено различие в распределении этого параметра для двух подклассов блазаров - лацертид и квазаров с плоским спектром. Приводятся результаты квазиодновременных наблюдений в

оптическом и радиодиапазоне для шести объектов - блазаров с очень низкочастотным максимумом синхротронного излучения (VLSP). Фотометрические измерения в трех фильтрах В, V, R получены автором на телескопе Цейсс-1000 САО РАН. Определено значение частоты максимума синхротронной компоненты для них и подтверждена классификация как VLSP трех из них.

Научной новизной являются многочастотные измерения большого списка блазаров (несколько сотен) на радиотелескопе РАТАН-600, проведенные в период 2010-2014 гг. с участием автора. Многополосная фотометрия в оптическом диапазоне и измерения звездных величин проведены автором, полученные результаты являются новыми для исследованных блазаров. Интерактивный каталог измерений объектов типа BL Lacertae на РАТАН-600 является новым и первым в своем роде каталогом одновременных радиоизмерений на четырех-шести частотах (содержит более 300 объектов). Результаты анализа корреляции потоков в радио- и гамма-диапазонах, выполненного с использованием квазиодновременных измерений телескопов РАТАН-600 и Fermi-LAT, получены впервые для пяти радиочастот. Значение частоты максимума синхротронной компоненты спектрального распределения энергии впервые оценены для почти 900 блазаров из списка мониторинга на РАТАН-600.

Достоверность результатов определяется тем, что измерения и обработка в радиодиапазоне производились на одном инструменте (РАТАН-600) с использованием штатных программных средств и общепринятых методов (апробированных многими исследователями), что исключает возможные систематические ошибки, возникающие при сравнении данных с разных телескопов, тем более полученных в разные эпохи. Наблюдения и обработка в оптическом диапазоне (Цейсс-1000) также проводились апробированными ранее методами, с использованием стандартных общепринятых программных средств.

Научная ценность состоит в получении новых радиоспектров объектов. Результаты анализа спектральных свойств источников могут быть использованы в дальнейших экспериментальных и теоретических исследованиях природы объектов и механизмов их излучения. Результаты анализа связи излучения блазаров в разных диапазонах электромагнитного спектра могут использоваться в любых других исследованиях по этому направлению. Интерактивный каталог измерений объектов типа BL Lacertae является полезным инструментом в изучении эволюции синхротронных радиоспектров, кривых блеска и переменности этого типа блазаров. Частота максимума синхротронной компоненты спектрального распределения энергии, оцененная для большого числа (почти 900) блазаров, является важным параметром характеризующим излучение блазаров и полученные результаты могут быть полезными для астрофизиков, изучающих этот редкий подкласс АЯГ.

Все результаты, выносимые на защиту, аргументированы и подробно изложены в 6 статьях диссертанта, опубликованных (или принятых к публикации) в рецензируемых журналах из списка ВАК. Представленные результаты и выводы обсуждались на семинарах САО РАН, на российских и международных конференциях.

Основные результаты работы изложены в следующих статьях:

- 1) M. Mingaliev, Yu. Sotnikova, T. Mufakharov, A. Erkenov, R. Udovitskiy. "Gigahertz-Peaked spectrum sources. Galaxy and Quasars" *Astrophysical Bulletin*, Volume 68, Issue 3, pp.257-267, 2013
- 2) T. Mufakharov, Yu. Sotnikova, A. Erkenov, M. Mingaliev. "Study of the Relation between the Jet and Accretion-Disk Emission in Blazars Using RATAN-600 Multifrequency Data" *Astrophysical Bulletin*, Volume 69, Issue 3, pp.247-259, 2014
- 3) M. Mingaliev, Yu. Sotnikova, R. Udovitskiy, T. Mufakharov, E. Nieppola, A. Erkenov. "RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lac objects" *Astronomy and Astrophysics*, Volume 572, p. 59, 2014

- 4) T. Mufakharov, M. Mingaliev, Yu. Sotnikova, Ya. Naiden, A. Erkenov. "The observed radio/gamma-ray emission correlation for blazars with the Fermi-LAT and the RATAN-600 data" Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 450, Issue 3, p.2658-2669, 2015
- 5) T. Mufakharov, Yu. Sotnikova, M. Mingaliev, A. Erkenov. "Multi-frequency quasi-simultaneous observations of six low frequency peaked blazars" accepted to Astrophysical Bulletin, Volume 70, Issue 3, 2015
- 6) M. Mingaliev, Yu. Sotnikova, T. Mufakharov, A. Erkenov, R. Udovitskiy. "Synchrotron component study in a spectral energy distribution of blazars" accepted to Astrophysical Bulletin, Volume 70, Issue 3, 2015

Все работы, перечисленные в списке публикации по теме диссертации, выполнены в соавторстве. **Вклад диссертанта в работы с первым авторством является определяющим.** Кроме этого, **личный вклад** в каждую из публикации заключается в следующем. В статье 1: равный вклад в получение зависимостей, расчет параметров, построение графиков, написание соответствующих разделов статьи, обсуждение результатов; равный вклад при подготовке и публикации каталога в базе данных Vizier. В статье 2: автору принадлежит постановка задачи, проведение расчетов, вклад в обсуждение результатов и публикацию статьи. В статье 3: работа с данными из литературы, представленными в каталоге, подготовка необходимого описательного материала для статьи, активное участие в написание текста, равный вклад в обсуждение результатов и публикацию статьи. В статье 4: автору принадлежит постановка задачи, большая часть вычислений, основной вклад в обсуждение результатов и публикацию статьи. В статье 5: автору принадлежит постановка задачи, получение наблюдательных данных, все расчеты, основной вклад в обсуждение результатов и публикацию статьи. В статье 6: автором частично получены исследуемые параметры для большой выборки объектов по литературным данным, вклад соавторов в получение зависимостей, обсуждение результатов и публикацию статьи одинаков.

Семинар пришел к заключению, что представляемая диссертация является самостоятельной, законченной научно-исследовательской работой. Работа удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а диссертант заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Наблюдательные характеристики широкодиапазонного излучения блазаров» Муфахарова Тимура Васильевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - астрофизика и звездная астрономия.

Заключение принято на заседании общего астрофизического семинара CAO РАН 16 июня 2015 года.

Присутствовало на заседании 29 человек. Результаты голосования: «за» - 29, «против» - 0, «воздержалось» - 0 человек. Протокол № 6/2015.

Руководитель астрофизического семинара CAO РАН,

доктор физ.-мат. наук

Моисеев А.В.

Подпись Моисеева А.В. заверяю:

ученый секретарь CAO РАН, кандидат физ.-мат. наук

Кайсина Е.И.

