

ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук Плавина Александра Викторовича на тему:
«Изучение высокоэнергетических процессов в ядрах активных галактик
по данным радио, оптических и нейтринных наблюдений» по
специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия»

Диссертация А.В. Плавина посвящена исследованию центральных областей ядер активных галактик и высокоэнергетических процессов в них. Массовое использование больших объемов наблюдательных данных, полученных на радиоинтерферометрах со сверхдлинными базами, дало возможность изучения областей начала релятивистских струй (джетов) с высоким угловым разрешением, фактически выйдя на масштабы единиц парсек. Наряду с этим, ключевым элементом представленной диссертации является одновременное использование высокоточных измерений космического оптического телескопа Gaia и результатов наблюдений нейтринных телескопов, в первую очередь IceCube. Совместный и, что особо важно подчеркнуть, системный анализ всей совокупности наблюдательных данных разных инструментов позволил значительно продвинуться в понимании механизмов и областей формирования излучения активных галактик. Таким образом, тема диссертации, безусловно, актуальна. Необходимо также отметить, что в работе использованы самые современные данные, полученные в последние годы, что дает дополнительную актуальность и новизну проведенному исследованию.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации составляет 117 страниц и включает 25 рисунков, 6 таблиц, а также список литературы из 216 наименований.

Во введении диссертации проводится обзор современного состояния области исследований, обосновывается актуальность и новизна проводимого исследования, указаны научная и практическая значимость результатов.

Первая глава фокусируется на исследовании оптического излучения активных галактик на основе сравнения их астрометрических положений. Положения измеряются РСДБ в радиодиапазоне, и космическим телескопом Gaia в видимом свете. В диссертации установлена связь смещений между положениями, определенными по данным оптических и радионаблюдений, для тысяч квазаров с видимыми направления их джетов. Эта связь интерпретируется в терминах о различном вкладе в оптическое излучение трёх компонент: аккреционного диска, джета, и звёзд хозяйской галактики.

Вторая глава содержит исследование "сдвига ядра" – смещения видимого начала джета с частотой – в радиодиапазоне. Был разработан и применён автоматизированный метод сопоставления РСДБ изображений на разных частотах, что позволило измерить сдвиг ядра для 40 квазаров в разные моменты времени. Обнаружена переменность сдвига РСДБ ядра, которая может быть объяснена изменением физических параметров джета во время вспышек.

Третья глава посвящена исследованию связи радиоярких блазаров с нейтрино высоких энергий, детектируемых на IceCube. Для поиска такой связи используется полная выборка активных галактик, которая статистическим методом сопоставляется с нейтринными событиями. Показана ассоциация нейтрино широкого диапазона энергий с радиоблазарами в целом, и с их вспышечной активностью. Представлено качественное объяснение рождения нейтрино в блазарах, включая связь с радиоизлучением.

В Заключение сформулированы основные результаты, перспективные и уже проводимые исследования в продолжение развития темы диссертации.

Полученные в диссертации результаты являются оригинальными, их научная новизна определяется не только новыми подходами и моделями, но и использованием большого количества наблюдательных данных, полученных в разных диапазонах электромагнитного спектра, а также с помощью нейтринных телескопов. Выносимые на защиту положения хорошо обоснованы и достоверны. Результаты диссертации неоднократно докладывались на российских и международных конференциях, в том числе в виде приглашенных докладов, опубликованы в пяти статьях в высокорейтинговых астрономических журналах, в четырех из которых соискатель является первым автором. Важно отметить, что в представленной диссертации заложен ряд идей и отработанных решений, которые в дальнейшем могут быть использованы при исследованиях релятивистских струй в квазарах, а также природы и происхождения высокоэнергичных нейтрино.

У оппонента есть несколько замечаний и вопросов к диссертации:

1) В главе 1 приводится несколько чисел, отражающих количество активных ядер галактик, используемых на тех или иных этапах анализа и получаемых результатов: 9081, 4023, 2626, 3855 и т.д. Было бы желательно как-то систематизировать в одной таблице всю статистику, это бы облегчило чтение диссертации и понимание того, что и на каком этапе было получено. Например, на стр. 20 сказано, что в 475 объектах доминирующая причина смещения связана с джетом и это составляет 73% от некоего общего числа. Математически это число должно быть 650, однако оно отсутствует в тексте. Выше по тексту на этой же странице приведено число 950 объектов со смещениями.

2) Известно, что астрометрия Gaia «привязана» к РСДБ с помощью систематических сдвигов, поворотов. В то же время в диссертации проводится поиск смещений между положениями источников в каталоге Gaia и положениями, определенными по данным РСДБ. Нет ли здесь

«зацикливания»? Проверялось ли, учитывалось ли влияние указанных выше систематических сдвигов, поворотов на полученные результаты?

3) Полученные в Главе 1 результаты для смещения изображений вниз и вверх по течению струи и их интерпретация наличием джета или влиянием аккреционного диска, соответственно, должны быть связаны со светимостью исследуемых объектов. Проверялось ли, есть ли какая-то корреляция между ними?

4) Глава 2, п.2.2.1, стр. 39, чем определяется эмпирический порог, а также приведенные цифры отбора в 3 раза по уровню шума и 4 раза по площади?

5) Как соотносятся два метода выравнивания изображений, описанные в п.2.2.1? Вообще, наглядная иллюстрация этой части работы и сравнения обоих методов очень бы помогла. Кроме того, п.2 алгоритма классификатора на стр. 40 написан очень неясно, как и описание метода машинного обучения, применявшегося при анализе данных. А это, по сути, является одним из ключевых моментов анализа.

6) Формула на стр. 42, по-видимому, неверно записана.

7) Глава 3, п.3.2.1. Каким образом задавалось смещение событий IceCube? Какая амплитуда была выбрана? Изменялась ли она в моделировании?

8) п.3.2.3 и рис.3.5. Какова значимость полученной корреляции? Судя по рисунку, она не должна быть велика. Поэтому утверждение на странице 89, что центральные области «являются местом рождения большого числа нейтрино» слишком сильное. Более корректно было бы сказать, что они «могут быть» таким местом, но статистически этот вывод не подтвержден.

9) Диссертация написана хорошим языком, с минимальным количеством опечаток. Тем не менее, необходимо отметить, что некоторые важные или даже ключевые моменты описаны кратко или слишком общими фразами, что затрудняет понимание текста и требует дополнительных усилий по поиску в литературе пояснений и иллюстраций.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия», а ее автор Плавин Александр Викторович, заслуживает присвоения ему степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, профессор РАН,
заместитель директора по научной работе,
ФГБУН Институт космических исследований РАН
Лутовинов Александр Анатольевич

23.03.2022

Контактные данные:

тел.: +7(495)3332222, e-mail: aal@iki.rssi.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

01.03.02 – «Астрофизика и звездная астрономия»

Адрес места работы:

117997, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 84/32,
Тел.: +74953332588; e-mail: iki@cosmos.ru

Подпись сотрудника Института космических
исследований РАН Лутовинова удостоверяю:

Директор ИКИ РАН

А.А. Петрукович
23.03.2022