

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шабловинской Елены Сергеевны на тему “Исследование центральных областей активных галактик по наблюдениям в поляризованном свете”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звездная астрономия

За последние годы произошел существенный прорыв в области исследования активных ядер галактик (АЯГ) в основном благодаря методу радиоинтерферометрии со сверх длинными базами в рамках телескопа горизонта событий и миссии Радиоастрон. Полученные радио изображения ближайших окрестностей сверхмассивных черных дыр (СМЧД) с экстремальным разрешением в десятки микросекунд дуги позволяют объяснять аспекты формирования и эволюции АЯГ и релятивистских струй, включая ограничение на физические параметры. Однако количество объектов, которое может быть изучено таким подходом, едва достигает десяти и ограничено ближайшими к нами АЯГ.

Существенное развитие в последние годы получили методики эхокартирования и спектральной поляриметрии для оценки критических параметров СМЧД. Таким образом, по континуумным и измерениям в линиях в оптическом и УФ диапазонах можно оценить геометрию и кинематику вещества в центральных объектах, и сделать ограничения на спин и массу центрального объекта. Это позволяет исследовать АЯГ с неразрешимыми центральными областями, как например мало массивные черные дыры и далекие объекты. Диссертационная работа Елены Сергеевны Шабловинской посвящена исследованию структуры и кинематики центральных областей активных ядер галактик с использованием оптической поляриметрии. Таким образом, тема и исследования диссертации являются очень актуальными.

Диссертация Е.С. Шабловинской состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Во введении сформулированы актуальность, цели, научная новизна, положения, выносимые на защиту. В первой главе описаны механизмы генерации оптического поляризационного излучения и приведены особенности поляриметрических наблюдений. Во второй главе описана модель расчета поляризации излучения центральных областей АЯГ, применение которой к данным наблюдений выполнено в третьей главе. Последняя глава посвящена методу поляризационного эхокартирования.

Диссертационная работа Е.С. Шабловинской включает много важных результатов. Особенно ценным является разработка численной модели поляризованного излучения за счет экваториального рассеяния, в том числе при наличии высокоскоростных истечений из центральных областей АЯГ, и проверка этого метода на реальных наблюдениях, включая квазар на красном смещении больше 1.

Новизна и достоверность выносимых на защиту результатов не вызывает сомнений, что обеспечивается использованием апробированных методов анализа и успешным

сопоставлением моделей с наблюдениями. Результаты опубликованы в 6 статьях в рецензируемых журналах и обсуждались на представительных конференциях.

Диссертационная работа представляет собой последовательное, хорошо структурированное и изложенное исследование. Автореферат диссертации правильно отражает ее содержание. Мои замечания к диссертационной работе являются мелкими недочетами и пожеланиями на будущее и не влияют на общую положительную оценку работы:

1. Хочется обратить внимание на очень краткое изложение современного состояния и предмета исследований и по теме диссертации. Например, значительная часть работы посвящена сейфертовским галактикам, хотя в тексте диссертации нет ни единого описания, что они собой представляют и почему именно они были выбраны для исследования. А также каковы характерные параметры рассматриваемых АЯГ: массы черных дыр, размеры и скорости областей широких эмиссионных линий. Вместе с тем дан излишне большой объем содержания работы (стр. 11-15). Раздел с литературой оформлен не в едином стиле: в половине случаев авторы перечисляются после названия работ, а в остальной половине случаев авторы работ упоминаются дважды.

2. На стр.17, в самой верхней формуле для Стокса  $V$  дано неверное выражение: вместо косинуса угла должен стоять синус.

3. На стр.18, к формуле 1 не приводится пояснения угла  $\varphi_0$ . Также тут используются еще не приведенные к полному потоку параметры Стокса  $Q$  и  $U$ , хотя в тексте написано обратное.

4. На стр.20 и далее по тексту диссертации нет пояснения тому, что подразумевается под обыкновенным и необыкновенным лучами.

5. На стр.23 и далее по тексту используется сокращение «1-м» как я понимаю для обозначения «одно метрового» телескопа, что можно спутать с «первым» или «одним» телескопом, потому что отсутствует пояснение в тексте.

5. В целом по тексту диссертации, где обсуждается обработка наблюдений, приводится крайне мало технического описания без детализации, что затрудняет понимание вопроса. Например, на стр.24 не поясняется, что подразумевается под термином «плоское поле», а на стр.28 - «виньетирование», на стр.57 - «фринги». На стр.44 не приводится пояснения метода эхокартирования.

6. На стр.35 непонятно, чем обусловлен выбор массы черной дыры в размере  $10^8$  солнечных масс для модели рассеяния в линии  $Mg II$  в случае высокоскоростных истечений.

7. В подписи к Рис.2.3 в описании дано «кружки», хотя на рисунках изображены другие символы.

8. Синтаксические ошибки и опечатки: на стр.52, вместо «при специфических условиях», последнее слово должно быть заменено на «условиях». Повторы: на стр.53 - «яркости» (первый абзац), стр.69 - «линии смещаются в в сторону». Второе предложение в подписи к Рис.5.11 не согласовано.

Результаты, полученные Е.С. Шабловинской вносят существенный вклад в исследования геометрии центральных областей активных ядер галактик и могут быть использованы в российских научных учреждениях, в которых ведутся работы по астрофизике и астрономии: ФИАН им. П.Н. Лебедева, МГУ им. М.В. Ломоносова, ИКИ РАН, Астрономический институт им. В.В. Соболева СПбГУ и др.

Диссертационная работа “Исследование центральных областей активных галактик по наблюдениям в поляризованном свете” полностью удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Елена Сергеевна Шабловинская, безусловно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 - «астрофизика и звездная астрономия».

Научный сотрудник  
Лаборатории внегалактической астрономии  
Астрокосмического центра  
ФГБУН ФИАН им. П. Н. Лебедева РАН  
к.ф.-м.н.



Е.В. Кравченко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Физический институт имени П. Н. Лебедева Российской академии наук  
Ленинский проспект, д. 53, г. Москва, 119991, Россия  
телефон: +7(495) 333-40-70  
e-mail: kravchenkoev@lebedev.ru

Подпись Е.В. Кравченко заверяю.

Ученый секретарь ФИАН  
к.ф.-м.н.

18 ноября 2021 г.



А.В. Колобов