

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. П. Н. ЛЕБЕДЕВА

СТЕНОГРАММА  
ЗАСЕДАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
Д 002.023.01

29 января 2015 года

*Защита диссертации Кутькина Александра Михайловича  
на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.03.02  
(астрофизика и звездная астрономия)  
“Исследование переменности блазаров  
в широком диапазоне длин волн”*

### **Присутствовали члены диссертационного совета:**

1. Кардашев Н.С., академик, 01.03.02, физ.-мат. науки, Председатель
2. Новиков И.Д., член-корр., 01.03.02, физ.-мат. науки, Зам.председателя
3. Ковалев Ю.А., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки, Уч.секретарь
4. Бочкарев Н.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
5. Бурдюжа В.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
6. Дагкесаманский Р.Д., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
7. Дорошкевич А.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
8. Каленский С.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
9. Ковалев Ю.Ю., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
10. Комберг Б.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
11. Ларионов М.Г., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
12. Лукаш В.Н., д.ф.-м.н., 01.03.02, физ.-мат. науки
13. Попов М.В., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки
14. Рудницкий Г.М., д.ф.-м.н., 01.03.02, техн. науки

Председательствующим на данном заседании является доктор физико-математических наук, академик РАН, руководитель АКЦ ФИАН, председатель диссертационного совета Н.С. Кардашев.

Секретарь заседания — ученый секретарь диссертационного совета д.ф.-м.н. Ю.А. Ковалев.

Председатель:

Согласно явочному листу на заседании присутствуют 14 из 21 членов списочного состава диссертационного совета. Кворум (14 человек) имеется. Разрешите наше заседание считать открытым. Тема сегодняшнего заседания – защита диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 (астрофизика и звездная астрономия). Соискатель — Кутькин Александр Михайлович. Научный руководитель – Ларионов Михаил Григорьевич. Официальные оппоненты — Ларионов Валерий Михайлович (однофамилец научного руководителя) и Горшков Александр Георгиевич. Ведущая организация — Специальная астрофизическая обсерватория РАН.

Председатель:

Юрий Андреевич, пожалуйста.

Секретарь:

Зачитывает основные выдержки из документов и делает заключение о соответствии представленных соискателем документов установленным требованиям ВАК.

Председатель:

Слово для доклада предоставляется соискателю.

### **ДОКЛАД СОИСКАТЕЛЯ**

Соискатель:

Выступает с докладом (В процессе доклада демонстрируются и комментируются слайды, номера которых даны в начале соответствующих строк ниже).

1. Здравствуйте, уважаемые коллеги. Меня зовут Александр Кутькин. Я представляю доклад по кандидатской диссертации. Работа называется “Исследование переменности блазаров в широком диапазоне длин волн”. Работа выполнена в Астрокосмическом центре ФИАН. Научный руководитель М.Г. Ларионов.
2. На этом слайде приведено содержание доклада: Во Введении я коротко расскажу о блазарах, некоторых их проявлениях, наблюдательных данных, а также об актуальности и цели данного исследования. А затем расскажу про анализ данных и результаты.
3. Итак, активные ядра галактик (АЯГ) представляют собой внегалактические системы, обладающих огромной светимостью за счет аккреции вещества на сверхмассивную черную дыру (СМЧД). Характерными признаками АЯГ являются нетепловой спектр, сильная переменность, наличие коллимированных выбросов (джетов), поляризация излучения и т.д. Согласно современным представлениям, разнообразные наблюдательные проявления АЯГ определяются в основном их ориентацией

по отношению к наблюдателю. Отсюда широко известная классификация: сейфертовские галактики, радиогалактики, квазары и объекты типа BL Lac. Если мы смотрим на источник под малым углом к его релятивистскому выбросу, то его называют блазаром. Класс блазаров включает лацертиды и квазары с плоскими спектрами. В результате дисковой аккреции формируются релятивистские коллимированные выбросы замагниченной плазмы, которые излучают за счет синхротронного излучения и обратного комптоновского рассеяния. В случае блазаров, под действием релятивистских эффектов яркость выброса, направленного к нам, значительно усиливается, и его излучение доминирует, становясь сильно переменным. Вопросы о структурах джетов, локализации областей излучения и механизмах переменности до сих пор остаются открытыми. Именно поэтому изучение блазаров представляется актуальным.

4. Одно из интересных проявлений АЯГ – т.н. эффект смещения радиоядра с частотой наблюдений. Ядром принято называть видимое основание релятивистского выброса. Этот эффект был предсказан в работе Блэндфорда и Кенигла в 1979 году и впервые обнаружен в 1984 году Маркайде и Шапиро. В данной модели ядро представляет собой поверхность с оптической толщиной  $\tau = 1$ , то есть фотосферу, а положение этой поверхности зависит от частоты наблюдений.

Смещение ядра может быть описано с помощью обратного степенного закона с показателем  $k$ . При этом, значение этого параметра очень важно и позволяет судить о физических характеристиках выброса, как будет показано ниже.

Учет данного эффекта крайне важен для прецизионной астрометрии, где положения компактных источников измеряются на разных частотах с высочайшей точностью.

Внизу приводится пример из работы Ковалева и др, где проиллюстрирована необходимость учета эффекта сдвига ядра при совмещении РСДБ карт, полученных на разных частотах, например, – для вычисления спектрального индекса. Если вы просто совместите карты по фазовому центру или по положению ядра, то получится не адекватный результат (верхние две картинки). Правильным будет совместить карты по оптически тонким компонентам, которые не сдвигаются с частотой.

Таким образом, изучение эффекта смещения ядра с частотой является актуальным как с прикладной точки зрения (астрометрия), так и для определения физических характеристик источников.

5. Цель работы: изучение природы активности и переменности блазаров

на основе последних данных долговременного мониторинга объектов ЗС 273 и ЗС 454.3: поиск периодичности в излучении, измерение смещения ядра и определение физических характеристик источников.

6. Итак, вот эти два источника. Они являются характерными и, пожалуй, наиболее изучаемыми представителями семейства блазаров. Мы изучаем эти объекты давно и здесь они выбраны, исходя из большого количества накопленного наблюдательного материала. На этом слайде приведены карты источников из обзора MOJAVE и основные их параметры, которые используются в расчетах: красное смещение, углы наклона и раскрыва выброса и Допплер-фактор.
7. Наблюдения ЗС 273 в радиодиапазоне на частотах 4.8, 8, 15, 22 и 37 ГГц проводятся в обсерваториях Крымской, Метсахови и Мичиганского университета в режиме мониторинга плотности потока. Также существует база данных, где собраны наблюдения ЗС 273 в различных диапазонах. Из этой базы мы взяли данные на 90, 230 и 362 ГГц,
8. а также в оптическом и рентгеновском диапазонах. Данные в гамма-диапазоне взяты с сайта миссии Ферми.
9. Радио наблюдения блазара ЗС 454.3 в режиме мониторинга проведены на тех же инструментах, что и ЗС 273. Кроме того, в работе исследуются интерферометрические наблюдения, проведенные на телескопе VLBA 2 октября 2008 года на семи частотах радиодиапазона.  
Обратите внимание на то, что эпоха РСДБ наблюдений (красная линия) соответствует максимуму мощной вспышки в источнике.  
Здесь также приведены две карты – карта интенсивности и распределения спектрального индекса, на которых хорошо видно оптически толстое ядро и оптически тонкий выброс.
10. В первой части я расскажу про анализ отдельно взятых кривых блеска источника ЗС 273. Мы провели гармонический анализ с использованием классической периодограммы Шустера и LS-спектров. Здесь представлены результаты для кривой блеска ЗС 273 на 8 ГГц. Оба метода дают согласованные результаты. И показывают значительную концентрацию мощности на низких частотах. При этом спектры сильно изрезаны и выделяют множество гармонических компонентов.
11. Вот LS-спектры на других частотах радиодиапазона.  
На всех частотах наиболее мощным является компонент с соответствующим периодом около 8 лет. Это значение найдено в некоторых работах

по исследованию ЗС 273 и позиционируется как стабильный период переменности.

Возникает вопрос, как можно проверить эту стабильность?

12. Другой метод, который можно применить к исследованию кривых блеска – вейвлетный анализ. Вейвлетами называются функции, ограниченные во времени. Непрерывное вейвлет-преобразование выглядит следующим образом. То есть это практически то же самое, что и Фурье-преобразование. При таком преобразовании временной ряд сканируется вейвлетом, который, помимо того, что смещается во времени, растягивается и сжимается по частоте. Параметр  $a$  называется масштабом вейвлета и он соответствует фурье-частоте, а параметр  $b$  – сдвиг, характеризует смещение вейвлета вдоль оси времени.
13. В качестве примера работы метода рассмотрим зашумленный сигнал, в котором присутствует синусоида с переменным периодом. Гармонический анализ в этом случае не очень эффективен и показывает лишь повышение мощности в соответствующем интервале частот. Зато с помощью вейвлет-анализа, напротив, легко можно проследить эволюцию такого циклического компонента. Если некий циклический компонент присутствует во временном ряде не постоянно, а лишь на некотором участке, его легко можно выделить с помощью вейвлетного преобразования.
14. На этом слайде показаны вейвлетные спектры кривых блеска ЗС 273. Из рисунка видно, что восьмилетний цикл присутствует на всех частотах радиодиапазона. А на более высоких радио частотах и в оптике видны циклы с меньшими квазипериодами. Интересным, на мой взгляд, является цикл в рентгеновском диапазоне с растущим периодом.

Рассмотрим более подробно радио и рентгеновский диапазоны.

15. Здесь приведены вейвлетный и LS спектры мощности кривой блеска ЗС 273 на 8 ГГц. По оси  $x$  - годы, а по оси  $y$  - период (или обратная Фурье-частота соответствующего колебания). Внизу точками показана сама кривая блеска (с вычтенным линейным трендом), а пунктиром - сигнал, восстановленный с помощью обратного вейвлет-преобразования. Здесь используется вейвлет Морле, показанный выше. Предварительно временной ряд интерполируется на равномерной временной сетке и дополняется нулями по краям. Кроме того, из него вычитается линейный тренд.

Из вейвлетного спектра отчетливо виден компонент с квазипериодом около 8 лет, и этот его период постепенно сокращается и затухает в

районе 2000 года. В принципе, это можно увидеть и непосредственно из кривой блеска – при сохранении восьмилетнего периода должна иметь место мощная вспышка в районе 2007 года, чего реально не наблюдается.

16. Аналогичный рисунок для рентгеновской кривой блеска. Вот этот самый цикл с растущим периодом примерно от полутора до двух лет за шесть лет. Как и следовало ожидать, гармонический анализ тут оказывается бессилён, а вейвлетный спектр позволяет проследить эволюцию переменности источника. Такой цикл растущим периодом может быть связан с неким компонентом, удаляющимся от центральной машины по спиральной траектории, или возмущением в аккреционном диске. Но это уже тема для отдельного исследования.

17. Теперь давайте перейти ко второй части работы, которая посвящена кросс-корреляционному анализу кривых блеска источников ЗС 273 и ЗС 454.3.

Для контроля мы используем два метода вычисления временных задержек между кривыми блеска на разных частотах: дискретная корреляционная функция (КФ) и обычная КФ с предварительной линейной интерполяцией данных.

Первый метод предложен в работе Эдельсона и Кролика в 1988 году для кросс-корреляции неравномерных временных рядов. Он свободен от неточностей, вносимых при интерполяции данных и позволяет оценивать ошибки амплитуды ККФ. Зато второй метод в меньшей степени чувствителен к количеству точек и временного ряда.

При определении задержек имеют место два основных вида ошибок: во-первых, ошибки, связанные с измерениями плотности потока, и эти ошибки можно учесть с помощью Монте Карло симуляций; и, во-вторых, в исследуемый ряд могут попасть заведомо ложные точки (т.н. outliers), и чтобы учесть это явление, можно применить т.н. метод бутстрэппинга. В результате симуляций имеем распределение значений искомой задержки и находим его ошибку.

18. Возвращаясь к модели Блэндфорда и Кенигла, вспомним, что ядро – это область или поверхность, где достигается оптическая толщина  $\tau_{\omega}=1$  для данной частоты.

Поскольку для блазара ЗС 454.3 имеются многочастотные карты, мы можем измерить смещение ядра непосредственно (то есть проверить степенную зависимость модели Блэндфорда и Кенигла).

Далее предположим что вспышка, как некое возмущение, движется от

истоков вдоль струи и пик на некоторой частоте, скажем,  $\nu_1$  происходит вблизи ядра на этой частоте, т.е. в области 1. А так как РСДБ наблюдения проведены в момент максимума вспышки, это позволяет сравнить временные задержки с измеренными смещениями ядра и, тем самым, сделать выводы о постоянстве скорости джета и допустимости наших предположений.

Наконец, описав источник набором гауссовых компонент, мы можем исследовать частотную зависимость размеров ядра и, сравнив результаты, прийти к заключению относительно геометрии выброса.

19. Мы измеряем эти величины и находим, что они хорошо описываются степенным законом с показателем  $k = 0.7$

Это значит что:

- Модель Блэндфорда и Кенигла хорошо описывает джет ЗС 454.3,
- Наши предположения о появлении вспышки в области ядра верны, и скорость джета в этой области примерно постоянна,
- Джет в этой области имеет форму, близкую к конической.

Ниже эти вопросы рассмотрены более подробно.

Для источника ЗС 273 мы определили показатель  $k$  только по временным задержкам. Он составил 1.4.

20. Следуя Кениглу, можно положить напряженность магнитного поля и концентрацию частиц спадающими вдоль струи по таким степенным законам с показателями  $m$  и  $n$ . Индекс 1 соответствует 1 пк от истоков джета. Тогда существует связь величин  $m, n$ , оптически тонкого спектрального индекса  $\alpha$  и наблюдаемого показателя  $k$ . Если говорить о равномерном распределении плотности энергии поля и частиц, то  $n = 2m$ . Следуя работе Андрея Лобанова, вводим меру смещения ядра  $\Omega$ , которая сохраняется для каждой пары частот. Далее через  $\Omega$  можно рассчитать расстояние ядра от истоков джета и напряженность магнитного поля.

21. Для измеренного  $k$  в предположении равномерного распределения находим величины показателей  $m$  и  $n$ , и напряженность поля на расстоянии 1 пк от истоков джета – 0.4 Гс. Абсолютное расстояние ядра от центральной машины на разных частотах и напряженность магнитного поля в нем. Вот для примера значения для 15 и 43 ГГц.

Для ЗС 273 мы получили похожие значения напряженности магнитного поля, и линейных размеров: 0.5 Гс на одном парсеке и те же 10 пк на 43 ГГц.



Также можно рассчитать полную кинетическую мощность выброса, основываясь на результатах работы Хиротани. Для электрон-позитронного джета получаем примерно  $10^{44}$  эрг/с.

Угол раскрытия выброса можно определить из измеренных величин размера и сдвига ядра. Получаем примерно полградуса.

22. Определенные нами линейные масштабы позволяют получить картину локализации излучающих областей в джете ЗС 454.3. На миллиметровых длинах волн максимум вспышки достигается на расстоянии порядка 10 пк от начала струи, а в сантиметровом диапазоне это расстояние исчисляется уже сотнями парсек.
23. Если вдоль выброса имеется градиент внешнего давления, то его скорость будет меняться и следовательно мы должны видеть изменение размеров ядра  $W$ , отличное от продольной зависимости  $\nu^{-1/k}$ . Показатели градиентов давления, напряженности магнитного поля и концентрации частиц можно найти из диаграммы, представленной в работе А. Лобанова. Получаем, что показатели частотной зависимости размера ядра  $k_W$  и его сдвига  $k_r$  должны отличаться в 2 раза, чего реально не наблюдается. Следовательно, градиент внешнего давления не играет существенной роли в геометрии выброса в области 10 – 100 пк.
24. Последний слайд с формулами. Поскольку мы независимо определяем временные задержки и величины смещения ядра, мы можем оценить скорость струи в соответствующей области. Это значение оказывается примерно вдвое выше измеренного по кинематике компонентов, наблюдаемых на РСДБ. Это служит указанием на то, что скорость на масштабах положения ядра (несколько пк, недоступно для РСДБ) выше, чем на типичных РСДБ масштабах (10–100 пк).
25. На этом перехожу к заключению... Основные результаты работы:
  - Исследованы современные наблюдательные данные нескольких программ долговременного мониторинга источников ЗС 273 и ЗС 454.3 в различных диапазонах спектра.
  - Показано, что восьмилетний цикл переменности ЗС 273 в радиодиапазоне, определенный в ряде работ как стабильный период, постепенно увеличивает свою частоту и затухает после 2000 года.
  - В рентгеновской кривой блеска ЗС 273 обнаружен цикл с переменным периодом, растущим от полутора до двух лет за 1998–2004 гг.
  - Для источников ЗС 273 и ЗС 454.3 впервые определен параметр  $k$ , характеризующий величину смещения ядра с частотой. Проведены расчеты напряженности магнитного поля и размеров ядер источников.

- Благодаря привлечению РСДБ данных, для блазара 3C 454.3 найдена скорость выброса в области ядра и его полная кинетическая светимость, установлена локализация областей излучения в см-мм диапазонах и сделан вывод о том, что в области ядра на этих частотах градиент внешнего давления не играет определяющей роли в геометрии выброса.
- Результаты свидетельствуют в пользу стандартной модели Блэндфорда-Кёнигла и подтверждают, что кросс-корреляционный анализ данных многочастотного мониторинга АЯГ на одиночных антеннах представляет собой эффективный независимый инструмент для измерения смещения ядра и исследования физических условий в релятивистских струях блазаров.

Полученные результаты являются новыми, а их достоверность обусловлена использованием надежных данных в совокупности с дублированием независимых современных методов анализа.

Научная и практическая значимость результатов выражается в том, что они могут быть использованы при дальнейших исследованиях блазаров.

Кроме того, доказано, что для определения сдвига радио ядра и параметров блазаров можно использовать многочастотные данные длительного мониторинга на одиночных антеннах, что даст возможность существенно сократить расходы на дорогостоящие интерферометрические наблюдения.

26. Результаты работы представлены на всероссийских и международных конференциях.

27. И опубликованы в 5 основных статьях в рецензируемых изданиях.

Все работы выполнены в соавторстве, при этом вклад автора в результаты диссертации включает: постановку задачи, сбор и систематизацию наблюдательных данных, проведение гармонического, кросс-корреляционного и вейвлетного анализа, проведение моделирования и математических расчетов параметров источников, обсуждение, выводы и участие в подготовке публикаций.

28. Благодарю за внимание.

Председатель: пожалуйста, вопросы к соискателю.

### **ВОПРОСЫ ПОСЛЕ ДОКЛАДА**

Ю.А.Ковалев: Саша, проверялось ли соотношение между плотностью энергии магнитного поля и плотностью кинетической энергии по радиусу, по расстоянию? Здесь же смещение идет с расстоянием.

Соискатель: Мы предполагаем равномерное распределение.

Ю.А.Ковалев: Хорошо, если вы предполагаете равномерное распределение, то каким образом у вас структура продольного магнитного поля остается неизменной? Тогда оно должно быть запутанным.

Соискатель: Да, в модели Блэндфорда-Кенигла запутанное поле.

Ю.А.Ковалев: Но... Ладно, оставим на дискуссию.

Б.В.Комберг: Саша, а в этой модели сама физическая природа переменности – это что: ударные волны или какая-нибудь другая?

Соискатель: Вспышка – это некое возмущение, которое, как мы считаем, движется вдоль джета от истоков, то есть это повышение плотности и напряженности магнитного поля. В результате, когда вспышка достигает области  $\tau = 1$ , вы ее можете наблюдать.

Б.В.Комберг: То есть это вброс какого-то количества частиц новых?

Соискатель: По-видимому, да.

Б.В.Комберг (к председателю): Можно спросить научного руководителя (М.Г. Ларионова)?

Председатель: Хорошо, только коротко.

Б.В.Комберг: Миша, ты как-то все рассматривал с той точки зрения, что это должна быть двойная черная дыра (в ядре объекта), но в диссертации А.Кутькина об этом явно не говорится.

М.Г.Ларионов: Да, это не используется. То есть двойственность, как таковая, не является краеугольным камнем диссертации.

Б.В.Комберг: Но откуда это следует? Из данной работы это следует?

М.Г.Ларионов: В данной работе этот вопрос даже не ставится во главу угла. Я просто говорю, что в принципе, те данные, которые проанализированы, могут дать необходимые сведения, чтобы посчитать параметры двойной системы. Но на это в диссертации не делается упор.

Ю.Ю.Ковалев: Другие члены диссертационного совета имеют на эту тему другое мнение, но так как это к диссертации отношения не имеет, я предлагаю этот вопрос для ясности закрыть.

Председатель: Да. Тем более сейчас это не к месту. Есть ли еще вопросы? Вопросов нет. Тогда слово предоставляется научному руководителю соискателя.

Научный руководитель:

Выступает. Отзыв прикладывается.

Председатель:

Хорошо. Спасибо. Есть ли вопросы к руководителю? Вопросов нет. Переходим к оглашению Заключения организации, где выполнялась диссертационная работа (ФИАН), Отзыва ведущей организации (САО РАН) и других поступивших в диссертационный совет отзывов на диссертацию и автореферат. Юрий Андреевич, пожалуйста.

## ОТЗЫВЫ

Секретарь:

Зачитывает Заключение организации, где выполнялась работа, и Отзыв ведущей организации. Других отзывов не поступило.

Председатель (соискателю):

Хотите сейчас ответить на замечания или позже? Сейчас. Хорошо, пожалуйста.

Соискатель (ответ на замечания ведущей организации):

Сначала скажу общую фразу по всем отзывам: есть указания на орфографические и пунктуационные ошибки, неудачно сформулированные фразы и замечания по оформлению иллюстраций, а также списка литературы, что затрудняет чтение диссертации. С этими замечаниями я полностью согласен и приношу свои извинения оппонентам и представителям ведущей организации.

Итак, замечания 1 и 2 по формулировке разделов автореферата. Я согласен с тем что разделы «цель», «новизна» и «положения» следовало бы сформулировать более четко и конкретно.

Замечание 3. Почему выбраны именно эти два блазара. Блазары ЗС 273 и ЗС 454.3 являются ярчайшими представителями объектов своего класса и изучаются нами уже давно: с 2007 – 2008 годов. В результате был накоплен богатый, хотя и, действительно, не вполне однородный, материал для этих источников. Поэтому они были выбраны нами для тщательной обработки описанных методик анализа. В дальнейшем мы планируем применить описанные методики на больших выборках объектов.

Замечание 4. Про ссылку на работу Novatta et al. 2008. Действительно, я пропустил ссылку на эту работу и признаю свою ошибку. В работе Вольвач и др. 2013 мы проводили анализ кривых блеска ЗС 273 независимо, в соавторстве с наблюдателями всех обсерваторий. При этом данные, использованные в диссертации, существенно отличаются от использованных в работе Novatta et al. 2008: во-первых, в нашей работе больше радиочастот: 8 против 3 в работе Novatta et al. 2008; во-вторых, наши данные дополнены наблюдениями Крымской обсерватории, являясь, тем самым, более полными; наконец, наши кривые блеска гораздо длиннее по времени: на 22 ГГц – 35.5 лет (против 24 лет в работе Novatta et al. 2008), на 37 ГГц – 32.5 года (против 25.3 лет), на 90 ГГц: 41.2 года (против 15 лет). Поэтому наши результаты являются новыми, более полными и достоверными. Кроме того, в работе Novatta et al. 2008 не рассмотрен индивидуально источник ЗС 273, а результаты по нему присутствуют лишь в таблице и отличаются от наших результатов. Наконец, в диссертации есть ссылки на другие работы, где проведен вейвлет-анализ кривых блеска источников, например, Витязев 2001, Zhang et al. 2010 и т.д.

Замечание 5. По данным для ЗС 454.3 на 22 ГГц. Действительно, на ри-

сунке на странице 36 приведена неполная кривая блеска ЗС 454.3 на 22 ГГц, что можно отнести к недостаткам оформления. При анализе, разумеется, использованы все данные: примерно с 1980 по 2011 год. Кроме того, для блазара ЗС 454.3 основной интерес представляет конкретная вспышка 2008 года, которая хорошо прописана на всех частотах.

Дальнейшие замечания 1–4 относятся к оформлению рисунков, списка литературы и неточным формулировкам. С ними я полностью согласен.

Председатель: спасибо. Переходим к выступлениям оппонентов.

Секретарь: Оппонент Ларионов Валерий Михайлович по болезни отсутствует. Зачитываю его отзыв полностью (зачитывается отзыв).

Председатель: Александр Михайлович, Ваши ответы, пожалуйста.

Соискатель (Ответы на замечания оппонента В.М.Ларионова):

Я согласен со всеми замечаниями В.М. Ларионова. Но хотел бы прокомментировать вопрос о включении данных не радиодиапазона. Включение в исследование данных от оптического до гамма диапазонов продиктовано, с одной стороны, поиском гармонических составляющих, а с другой – попыткой обнаружения корреляции между этими диапазонами и радио кривыми блеска. К сожалению, действительно, указанные данные обладают значительной скважностью, и в большинстве случаев удовлетворительных результатов получить не удалось. Однако, на мой взгляд, обнаружение эволюционирующего цикла в рентгеновской кривой блеска является важным и интересным результатом, требующим дальнейшего анализа. По вопросу о данных оптического диапазона: в упомянутой базе по источнику ЗС 273 имеются данные в фильтре «В» только за 1968–2005 годы, которые и использованы в диссертации.

Председатель: Есть ли вопросы? Нет. Тогда выступление второго оппонента. Александр Георгиевич, пожалуйста.

Второй оппонент – Горшков А.Г.: (выступает, отзыв прилагается).

Председатель: пожалуйста, ответы на замечания оппонента.

Соискатель (отвечает на замечания второго оппонента):

Замечание 1. В основном, по оформлению. Слово «дисперсия» на стр. 66 является опечаткой, должно быть «СКО».

Замечание 2. По вопросу о модели шумового сигнала. В диссертации данная модель рассмотрена исключительно для иллюстрации — как альтернативная и имеющая право на существование. Классические модели переменности, разумеется, пересмотру не подлежат.

Замечание 3. По модели двойной системы. Согласен, что в случае двойной системы сверхмассивных черных дыр в переменности блазара должен быть явно выраженный стабильный гармонический компонент. Однако, его «стабильность» определяется в том числе и геометрической ориентацией системы (углом наклона выброса к лучу зрения), которая меняется со временем.

Здесь нужно сравнивать характерные времена первого и второго явлений. Тогда можно судить о возможности присутствия двойной системы. В диссертации сама модель двойной системы не рассматривается, а дается лишь указание на возможность ее применения при определенных условиях, что подробно описано в других наших работах по исследованию переменности некоторых блазаров.

Председатель: Если нет вопросов, переходим к общей дискуссии.

## **ОБЩАЯ ДИСКУССИЯ**

М.В. Попов: У меня такое впечатление, что задача ставилась, чтоб найти периодические компоненты и доказать что существует в этих источниках или, хотя бы в одном из них, двойная сверхмассивная черная дыра. Я читал диссертацию. Саша здесь нас пощадил, и кратко все рассказал. На самом деле там много всего есть. Мне кажется, что один из выводов, что нет гармонических составляющих. И очень трудно теперь протаскивать эту модель. Это одно из достижений тут не записано, поскольку научный руководитель, наоборот, поставил задачу найти, а получилось, что не нашел и такой конфликт не стоило выносить. Такой получился результат. Вторая часть связана с замечание Горшкова о том, что шумовая модель там ни к чему. Она там не шумовая, а сгенерированная из случайных чисел кривая блеска, и Саша сгенерировал, как я помню, несколько тысяч таких кривых и одна из них дала практически такой же вейвлет как и ЗС 273 или другой источник, что показывает, что в природе, если обезьяна будет долго колотить, то она может сделать такую кривую. Этот результат мне тоже показался интересным. Хотя это не означает, что источник так себя ведет, таким случайным образом. Дальше хочу сказать, что работа явно сделана очень самостоятельно: он сам и методику выбирал, и данные собирал и даже участвовал в наблюдениях. Она выполнена в рамках нашего (АКЦ) направления: исследования с высоким временным разрешением радиоисточников внегалактических и Александр Михайлович включился в работу здесь, он руководил или участвовал активно в работах по наблюдению в Калязине (не простая там задача и, может быть, не все получилось), и поэтому я призываю голосовать положительно за присуждение ему ученой степени.

Ю.Ю.Ковалев: Я продолжу направление, которое задал Михаил Васильевич и хотел несколько слов сказать, что фактически мы здесь говорим про два направления результатов, и интересный и важный момент заключается в том, что, как вы знаете, когда вы начинаете научную работу, плавно переходящую в кандидатскую диссертацию, есть три варианта: 1) вы начинаете работу без гарантии результата, и кончиться может как вам повезет; 2) вы начинаете работу, заранее зная, какой будет ответ; и 3) вы начинаете работу, планируя ее таким образом, чтобы получить правдивый ответ. И, наверно, последний вариант самый важный и интересный. Здесь очень важно услы-

шать от одного из самых у нас сильных специалистов по соответствующему анализу (по гармоническому), что результаты по первой половине, по анализу временных рядов, достоверны. Вы знаете, что у нас в Астрокосмическом центре (да можно сказать и про весь мир) были разные мнения на сей счет. И в этом смысле высока ценность диссертации: она действительно дала значительный полезный шаг вперед в исследовании вопросов этих самых циклов, живут они или умирают. И это действительно очень полезно именно потому, что этим результатам можно доверять. Потому что, честно говоря, начинаешь уже немножечко утомляться от утверждений тех или иных, которые не подтверждаются адекватным анализом статистической значимости. Вот это как раз пример того, как нужно делать. Второе направление тоже очень интересное, связанное с исследованием видимого сдвига начала релятивистских струй. Оно интересно потому, что это та самая область, где происходит наибольшая активность, она так же очень хитра потому, что оказывается, на разных длинах волн мы видим разные области. И долгое время не было понимания этого, потом вопрос как-то раскрутился, но подобные исследования крайне дороги, потому что приходится проводить дорогостоящие многочастотные РСДБ исследования, после чего проводить очень тяжелый анализ этих самых данных. Какое-то время назад была высказана идея о том, что можно попытаться использовать для подобного анализа временные ряды, однако никто никогда раньше этого на примере реальных экспериментальных данных не проверял, и, собственно результатов значимых не получал. Это первая работа, первая публикация на этот счет в Monthly Notices (журнал), о чем говорил Саша – на нее уже пошли цитирования, которая показывает, что действительно свойства видимого начала релятивистских струй в активных ядрах галактик, где мы видим синхротронное самопоглощение, можно исследовать как с помощью прямых РСДБ методов, так и с помощью косвенных методов исследования временных рядов, что открывает широкое окно возможностей по анализу больших массивов данных и получению подобных аналогичных результатов для намного большего количества объектов. То, что мы слышали сегодня, это первый шаг. Следующий шаг – я надеюсь, мы продолжим работать над этим в нашем отделе в Астрокосмическом центре, потому что у нас имеются данные как РСДБ, так и временные ряды по переменности для большого количества объектов, и можно будет продолжить проверку этого и дальше. Итак, очень полезная работа, очень достоверная. Призываю всех голосовать положительно. Спасибо.

Б.В.Комберг: Вопрос-замечание. В активных звездных системах, в частности, о которых Миша Ларионов говорил, – микрокваразах, есть такое понятие - квази-периодические осцилляции (КПО). Вот они, Саша, похожи в каком-то смысле на то, что ты наблюдаешь в этих объектах, или их таким термином нельзя называть? Потому что правильно названный термин да-

ет понятие о возможном объяснении. Вот КПО если подвергнуть такому анализу, будет ли похожий результат?

Соискатель: Я думаю, что да. Потому что из вейвлетных спектров видно, что это похоже на некие колебательные процессы, возникающие в источнике, которые имеют несколько осцилляций, а потом затухают, то есть это не случайные всплески, а какие-то процессы, которые зарождаются, проявляются и исчезают. Поэтому, я думаю, что результаты будут схожими.

Б.В.Комберг: Но если это похоже на КПО, то есть такие модели, как КПО образуются.

Соискатель: Это неустойчивости в дисках.

Б.В.Комберг: Да.

Соискатель: Если говорить об активных ядрах галактик, то неустойчивости в дисках имеют совсем другие времена – это тысячи, сотни тысяч лет.

Ю.А.Ковалев: Вот это как раз пример того, что названия одинаковые, а механизмы разные. Я, пожалуй, повторю то, что говорил в САО, когда Саша делал доклад по своей диссертации в ведущей организации на семинаре. Мне кажется, что, действительно, самое главное в этой диссертации – это четкий ответ на давний вопрос о том, есть ли строгие периодичности в изменении потока излучения переменных объектов или нет их. Их то открывали, то закрывали. С Николаем Семеновичем мы неоднократно обсуждали такие новости: открыли. Потом: закрыли.

Получается, что и открывали, и закрывали. А после этой работы я для себя осознал впервые одно: нет понятия "открыли и закрыли а просто – тогда периодичность наблюдалась (в тот период времени), а сейчас ее нет. Иными словами, все, что обнаруживается, по крайней мере в радио, в таком квазигармоническом анализе, все это временно существует. И мне кажется, что физически это легко понять. Есть квазидвойная система: у тебя есть один объект, захватывающий другой. Этот другой объект перетекает на первый и пока он делает оборот или несколько оборотов, периодичность (временная!) есть и может наблюдаться. Потом либо объект ушел, либо все перетекло и ничего от него существенного не осталось – гармоника эта ушла. То есть и по физике "на пальцах" это все объяснимо и понятно: гармоника присутствует временно, в отличие от бесконечного времени при строго гармонических линиях. Далее, лично мне кажется сомнительным, чтобы модель Блэндфорда и Кенигла, о которой говорилось, предполагала равномерное распределение энергии магнитного поля и кинетической энергии. Но так как это не главное было в диссертации, то я не буду дальше развивать эту мысль. Хотя мне кажется, в этой модели присутствует регулярное поле, а равномерное распределение возникает тогда, когда идет ударная волна. И только на фронте этой ударной волны такое равномерное распределение возникает. Потом волна прошла. И из-за разных степеней «эм» и «эн» в показываемой формуле будет разная зависимость



от расстояния. Поэтому даже если было равномерное распределение при некотором одном расстоянии, то дальше (на других расстояниях) его не должно бы быть. Но еще раз подчеркну, что для диссертации это не принципиально, поэтому не стоит и обсуждать дальше..

Г.М. Рудницкий: По поводу шумовой модели. Мы тут уже вспоминали Озерного. Можно вспомнить еще незаслуженно забытую работу года 67-го. Это Лев Гудзенко. Как только появилась опубликованная кривая блеска многолетняя для ЗС 273, они провели несколько другим подходом анализ этой кривой, а именно: вот тот шум, который наблюдается, он гауссов или не гауссов. Если образуется за счет набора независимых тел, то тогда должно быть гауссово распределение этого шума. Оказалось, что она существенно негауссова, то есть там какое-то единое тело. Ну и как выясняется, это единое тело – это система черных дыр.

Председатель: Еще есть желающие выступить? Нет. Спасибо. Тогда Заключительное слово соискателю.

Соискатель: Я считаю, что мне очень повезло, что я попал в такой дружный и высококвалифицированный коллектив – в Астрокосмический центр. Я очень благодарен всем своим коллегам, друзьям, всем кто поддерживал меня, кто давал дельные советы по диссертации. Я благодарен своим родным и близким, кто также поддерживал меня. В общем, всем спасибо за теплые отзывы, за хорошие слова.

Председатель:  
Переходим к голосованию. (Предлагается состав счетной комиссии. Счетная комиссия утверждается в предложенном составе. Объявляется перерыв на проведение тайного голосования).

Председатель:  
Слово Председателю счетной комиссии.

Председатель счетной комиссии:  
зачитывает протокол счетной комиссии по вопросу о присуждении ученой степени кандидата наук Кутькину Александру Михайловичу.

Результаты голосования:  
Состав совета — 21  
Присутствовало — 14  
Роздано бюллетеней — 14  
Осталось нерозданных бюллетеней — 5  
Оказалось в урне бюллетеней — 14

За — 14

Против — нет

Недействительных бюллетеней — нет.

Председатель:

Прошу проголосовать. Кто за утверждение протокола счетной комиссии? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Протокол счетной комиссии утверждается единогласно. **Таким образом, совет принял положительное решение по вопросу присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук Кутькину Александру Михайловичу.** (аплодисменты).

Приступаем к обсуждению Проекта заключения совета. Текст Проекта у членов совета имеется. Есть ли замечания, дополнения? (Текст обсуждается и редактируется). Кто за то, чтобы принять отредактированный текст заключения? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Принимается единогласно. (Текст заключения объявляется соискателю). Заседание совета объявляется закрытым.

Председатель совета  
академик РАН

Н.С. Кардашев

Ученый секретарь совета  
д.ф.-м.н.  
06 февраля 2015 г.

Ю.А. Ковалев