

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Кириченко Аиды Юрьевны «Многоволновые наблюдения гамма-пульсаров», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звёздная астрономия

Диссертация Кириченко А.Ю. посвящена поиску радио, инфракрасного и оптического излучения от 4 известных гамма-пульсаров и туманностей вокруг них на основе проведенных диссертантом оригинальных наблюдений с использованием крупнейших зарубежных телескопов, а также архивных данных в рентгеновском диапазоне. Кроме того выполнены построение и анализ спектров исследуемых источников в широком диапазоне частот. Актуальность представленной работы не вызывает сомнений, поскольку лишь приблизительно от половины из открытых к настоящему времени гамма-пульсаров зарегистрировано радиоизлучение, а поиск оптических компаньонов находится на начальной стадии. Оценки параметров теплового излучения нейтронных звёзд очень важны для понимания их эволюции и механизмов остывания, а природа нетеплового излучения, генерируемого в магнитосферах пульсаров, до сих пор остаётся не до конца выясненной. Поэтому любые новые сведения о тепловых и нетепловых составляющих излучения нейтронных звёзд чрезвычайно актуальны

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Объём диссертации составляет 102 страницы, в том числе 28 рисунков и 7 таблиц. Список литературы насчитывает 132 наименования.

Во Введении описывается состояние исследований известных гамма-пульсаров в других диапазонах, обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и научная новизна работы, достоверность полученных автором диссертации результатов, их научная и практическая значимость, а также указан личный вклад автора. Приводятся сведения об апробации работы, публикациях по теме диссертации и основные положения, выносимые на защиту.

В Главе 1 обсуждаются методические вопросы, связанные с наблюдениями гамма-пульсаров в других диапазонах. Приведены основные параметры использованных в работе телескопов Very Large Telescope (VLT), Australian Telescope Compact Array (ATCA) и Gran Telescopio Canarias (GTC). Описаны особенности обработки и анализа полученных наблюдательных данных. Рассмотрены возможности использования архивов, имеющих в

результате наблюдений в рентгеновском диапазоне на космических телескопах Chandra и XMM-Newton и наземном радиотелескопе ATCA.

В Главе 2 приведены результаты исследований пульсара J1048-5832 в оптическом диапазоне. Дается перечень основных параметров пульсара и результаты его предшествующих исследований. На телескопе VLT автором проведены наблюдения в фильтрах V и R с целью отождествления пульсара и туманности вокруг него. Измеренный цвет одного из ближайших к рентгеновскому изображению пульсара источников ($V - R = 0.6$) соответствует характерным цветам околопульсарных туманностей. Пространственное совпадение и цвет источника указывают на связь его с пульсаром J1048-5832.

Глава 3 посвящена анализу радиоинтерферометрических наблюдений пульсара J1357-6429. Приведены параметры пульсара и результаты его прежних исследований. Новые наблюдения на частотах от 1 до 3 ГГц были выполнены на ATCA с целью измерения точного положения пульсара. С использованием архивных данных 2000 г. оценен верхний предел на собственное движение (меньше 106 миллисекунд дуги в год) и поперечную скорость пульсара (меньше 1300 км/сек). Построен спектр пульсара в диапазоне 1-3 ГГц, получены оценки средней плотности потока (212 мкЯн) и спектрального индекса (0.5) в этом диапазоне. Приводится средний профиль импульса, оказавшегося однокомпонентным. Измерена степень линейной (почти 100 %) и круговой поляризации. Получены значения меры вращения (-43 рад/м^2) и индукции магнитного поля (-0.41 мкГс) в направлении на пульсар. Эти значения находятся в согласии с оценками по другим близким пульсарам.

В Главе 4 представлены результаты наблюдений в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне пульсара J1357-6429. Окрестности пульсара наблюдались на телескопе VLT с применением системы адаптивной оптики в фильтрах J, H и K. Показано, что в пределах радиоинтерферометрического позиционного эллипса детектируется только один точечный источник, совпадающий по положению с рентгеновским изображением пульсара. Обнаружена корреляция между эффективностями трансформации энергии вращения нейтронной звезды в рентгеновское и ИК излучение. Оказалось, что пульсар J1357-6429 обладает чрезвычайно высокой эффективностью в ИК диапазоне.

В главе 5 описаны исследования пульсара J0357+3205. Приведены основные параметры этого пульсара и результаты выполненных ранее наблюдений. Автором диссертации проведены наблюдения с помощью телескопа GTC в фильтре g. Однако в пределах рентгеновского позиционного эллипса источник не обнаружен, даны верхние пределы на звёздную величину и плотность потока на частоте, соответствующей фильтру g. По архивным рентгеновским данным построен спектр пульсара, состоящий из тепловой и

нетепловой компонент. По ним оценены размеры излучающих областей. Получена оценка расстояния до пульсара (270 пк) и вычислены светимости его в оптическом и рентгеновском диапазонах. Эти значения согласуются с результатами других авторов для исследуемого пульсара. Обнаружен излом в спектре степенной компоненты между оптическим и рентгеновским диапазонами, что можно считать характерным для пульсаров среднего возраста. В предположении о происхождении пульсара в результате взрыва компаньона звезды λ Ориона как сверхновой оценён возраст пульсара $(1.2-1.3)10^6$ лет. Показано, что пульсар J0357+3205 принадлежит к самым холодным нейтронным звёздам с измеренными температурами.

Глава 6 посвящена исследованиям пульсара J2021+3651 в туманности Стрекоза. Описаны основные характеристики пульсара и история его наблюдений в радио, рентгеновском и гамма-диапазонах, а также сведения об околопульсарной туманности. Автором проведены пионерские оптические наблюдения объекта с помощью телескопа GTC в фильтре g . В пределах рентгеновского позиционного эллипса излучение не обнаружено, даны верхние пределы на плотности потока от пульсара (0.04 мкЯн) и туманности (0.36 мкЯн). Анализ рентгеновских данных показал, что спектр туманности может быть описан однокомпонентной степенной моделью. Получена независимая оценка расстояния до пульсара (1.8 кпк). При таком расстоянии оказывается, что эффективность трансформации его излучения в рентгеновском и оптическом диапазонах меньше соответствующих величин для других пульсаров. Сделан вывод о том, что исследованная система Стрекозы сходна по своим характеристикам с системой пульсара в Парусах.

В Заключение сформулированы основные результаты диссертации.

- 1) По наблюдениям на VLT пульсара J1048-5832 в фильтрах V и R обнаружен слабый оптический источник, совпадающий по положению с компактной структурой рентгеновской туманности, детектированной телескопом Chandra. Цвет V-R источника согласуется с цветами оптических туманностей вокруг пульсаров и, следовательно, этот источник может принадлежать к туманности около пульсара J1048-5832.
- 2) В результате радиоинтерферометрических наблюдений на ATCA установлено точное положение пульсара J1357-6429 и показано, что раннее отождествление оптического источника с пульсаром неверно. Определены мера вращения и индукция магнитного поля в направлении на этот пульсар. Установлен верхний предел на собственное движение пульсара в картинной плоскости.

- 3) По данным наблюдений пульсара J1357-6429 на VLT в фильтрах J, H и K обнаружен слабый ИК источник, который может быть связан с пульсаром. В этом случае его эффективность необычайно высока по отношению к рентгеновской в отличие от соответствующих величин для других пульсаров.
- 4) Оценен верхний предел на плотность потока пульсара J0357-3205 на основе наблюдений на GTC в фильтре g. Выявлен сильный излом в спектре пульсара между оптическим и рентгеновским диапазонами. По архивным рентгеновским данным определена температура поверхности нейтронной звезды (36 эВ). Эта звезда принадлежит к самым холодным нейтронным звёздам.
- 5) Выполнены оценки верхних пределов на плотности потока пульсара J2021+3651 и туманности вокруг него в системе Стрекозы по наблюдениям на GTC в фильтре r. На основе архивных рентгеновских данных получена оценка расстояния до пульсара и показано, что этот пульсар имеет малую эффективность трансформации энергии вращения в оптическое и рентгеновское излучение.

Выполненные в работе трудоёмкие наблюдения в оптическом и ИК диапазонах и полученные на основе их результаты важны для определения механизма излучения пульсаров, а данные по околопульсарным туманностям могут быть использованы для прояснения процессов внутри магнитосферы пульсара и в его окрестностях, а также для понимания его происхождения и эволюции.

Несомненным достоинством работы следует считать предложенные автором дальнейшие пути исследования рассмотренных объектов — перспективы наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне, измерения параллакса, собственных движений пульсаров и др.

К сожалению, необходимо отметить некоторые недостатки представленной диссертации, связанные в основном с её оформлением.

Неудачно, по моему мнению, само название работы, претендующее на целое направление и подразумевающее масштабные исследования. По существу представлены «Исследования излучения 4 гамма-пульсаров в других диапазонах».

В радиоастрономии существует устоявшаяся единица **плотности потока** 1 Янский, которая употребляется иногда и в других диапазонах. В диссертации она используется в отдельных местах, но чаще же некорректно применяется к **потоку**.

На стр.25 утверждается, что пульсар B1508+55 обладает рекордной поперечной скоростью. Однако в пополняемом каталоге Manchester et al. Astron.J., 129, 1993 (2005) приведено ещё 9 пульсаров со скоростями больше 1000 км/сек.

Отметим также, что все работы, положенные в основу представленной диссертации, опубликованы в зарубежных изданиях, не всегда доступных отечественному читателю. Учитывая важность полученных автором результатов, хотелось бы увидеть в дальнейшем публикации и в российских журналах.

Если оценивать диссертацию в целом, то можно утверждать, что представленная работа выполнена на высоком научном уровне и свидетельствует о профессионализме и высокой квалификации автора. Основные результаты опубликованы в известных рецензируемых журналах и прошли необходимую апробацию. Отмеченные недостатки не носят принципиального характера и не снижают общую высокую оценку диссертации. Автореферат полно и правильно отражает основные результаты, описанные в диссертации.

Полученные в работе результаты могут быть использованы в ФИАН, ГАИШ, ИКИ РАН, САО РАН и в других отечественных и зарубежных организациях, проводящих исследования радио, оптического и инфракрасного излучения пульсаров и туманностей вокруг них. Представленная диссертация в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 — астрофизика и звёздная астрономия, а её автор Кириченко Аида Юрьевна несомненно заслуживает присуждения данной степени.

Главный научный сотрудник
отдела Плазменной астрофизики
Пущинской радиоастрономической обсерватории Астрокосмического центра Физического
института им. П.Н. Лебедева Российской Академии наук
доктор физ.-мат. наук / Малов Игорь Фёдорович /

Подпись И.Ф.Малова заверяю
Учёный секретарь
ПРАО АКЦ ФИАН им. П.Н. Лебедева
канд. физ.-мат наук / Цвентух М.М. /

Адрес:
ПРАО АКЦ ФИАН
142290, Московская обл., г. Пущино.

Тел.: +7 (4967) 33 01 85
Эл. почта: malov@prao.ru