

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки
Специальной астрофизической обсерватории
Российской Академии Наук
кандидат физико-математических наук

_____ В.В.Власюк

«20» мая 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Кириченко Аиды Юрьевны на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия на тему «Многоволновые наблюдения гамма-пульсаров»

Актуальность для науки и практики

Пульсары интенсивно изучаются с момента их открытия почти 50 лет назад. Однако до сих пор не существует общепризнанной теоретической модели, объясняющей их излучение по всему диапазону длин волн. Для понимания механизмов излучения этих быстро вращающихся изолированных нейтронных звезд (НЗ) и выявления возможной связи между процессами генерации их излучения на высоких и низких энергиях особенно важными являются многоволновые наблюдения. До последнего времени многоволновые данные были получены лишь для нескольких ярких объектов, включая известный пульсар в Крабовидной туманности. Недавнее обнаружение с помощью обсерватории Fermi большого количества новых гамма-пульсаров открыло новые возможности для таких наблюдений. Их перспективность состоит в том, что эти пульсары являются высокоэнергичными и сравнительно близкими источниками. Это подтверждается наблюдениями в рентгеновском диапазоне, где рентгеновские отождествления были найдены примерно для половины новых гамма-пульсаров. Рентгеновские наблюдения предоставляют ценную информацию о механизмах излучения НЗ, определяя, в частности, компоненты излучения магнитосферы и поверхности звезды, позволяют оценивать расстояния до пульсаров, температуры поверхности НЗ, а также эффективность трансформации вращательной энергии НЗ в нетепловое излучение магнитосферной природы. Они также позволяют детектировать области протяжённого синхротронного излучения, генерируемого релятивистскими частицами из магнитосферы пульсара (так называемые туманности пульсарного ветра).

Проявления гамма-пульсаров в ультрафиолетовом (УФ), оптическом и инфракрасном (ИК) диапазонах к настоящему моменту изучены в существенно меньшей степени.

Некоторая предварительная информация имеется примерно для 40 объектов. В основном поиск проводился по архивным данным, где пульсары не являлись целевыми источниками, или с помощью неглубоких экспозиций на телескопах 2-х метрового класса. Это позволило лишь установить не очень информативные верхние пределы на потоки излучения. Для продвижения в этих областях спектра необходимо проведение глубоких систематических наблюдений. Потенциально такие наблюдения позволяют решать и ряд важных практических задач. В частности, благодаря более высокому пространственному разрешению, по сравнению с рентгеновским и гамма диапазонами, возможно более точное измерение координат объектов, их собственного движения и параллаксов, что особенно важно для случаев так называемых «радиомолчащих» гамма-пульсаров. Это также помогает исследовать структуру пульсарных туманностей и надежнее отделять компоненты излучения НЗ и туманности. Представляется возможным изучение поляризации, измерение которой кроме оптического диапазона проводится только в радиодиапазоне. Таким образом, исходя из сказанного, тема рассматриваемой диссертации несомненно является актуальной и практически важной.

Научная новизна исследований и полученных результатов

Работа основана на оригинальных наблюдениях гамма-пульсаров с помощью телескопов VLT, ATCA и GTC и на архивных данных наблюдений на телескопах ATCA, Chandra и XMM-Newton. Автором впервые обнаружен источник, который, вероятно, отвечает за оптическое излучение структуры рентгеновской туманности пульсара J1048-5832. Проведено измерение наиболее точных координат пульсара J1357-6429 и дано ограничение на величину его собственного движения, а также впервые исследован спектр пульсара в диапазоне 1-3 ГГц. Впервые детектирован источник, который, вероятно, отвечает за излучение пульсара J1357-6429 в ближнем ИК диапазоне. Проведены первые направленные поиски оптического излучения пульсаров J0357+3205 и J2021+3651 с глубиной поиска до 27-28 звездной величины.

Научная и практическая значимость диссертации

Полученные наблюдательные данные пригодны для непосредственного сравнения с теоретическими моделями и с результатами других наблюдений. Результаты работы могут применяться для теоретического моделирования излучения гамма-пульсаров, а также для планирования дальнейших, более детальных, многоволновых наблюдений исследуемых объектов.

Достоверность результатов

Представленные диссертантом результаты получены с использованием самых современных радио, оптических и рентгеновских телескопов. Используются верифицированные методы наблюдений, обработки и анализа данных. Достоверность результатов обеспечена сравнением с результатами других авторов, а также с данными, полученными для объектов исследования в других диапазонах.

Общая характеристика работы. Диссертация состоит из введения, шести глав основного содержания, заключения и списка литературы. Список литературы содержит 132 наименования.

Во Введении кратко описаны изучаемый предмет и состояние исследований на момент начала работы. Обоснована актуальность исследований, сформулированы цели и научная новизна работы, достоверность результатов, их научная и практическая значимость, а также обозначен личный вклад автора. Приведены сведения об апробации работы, публикациях по теме диссертации и основные положения, выносимые на защиту.

В Главе 1 освещены методические вопросы проведенных диссертантом наблюдений. В ней описаны характеристики использовавшихся телескопов, а также методы редукции и анализа данных наблюдений в оптическом, ближнем ИК и радио диапазонах. Наблюдения проводились на телескопах VLT, ATCA и GTC. Используются также архивные данные, полученные с помощью телескопов Chandra, XMM-Newton и ATCA.

В Главе 2 приведены результаты оптических наблюдений пульсара J1048-5832 в широкополосных фильтрах V и R. По данным наблюдений детектирован слабый оптический источник. Показано, что он пространственно перекрывается с яркой компактной структурой рентгеновской туманности пульсара, детектируемой на изображениях с телескопа Chandra. Проведена фотометрия источника. Полученный цвет согласуется с типичными цветами структур туманностей пульсаров, детектируемых в оптическом диапазоне. Это говорит о том, что источник может являться оптическим отождествлением структуры туманности пульсара J1048-5832.

В Главе 3 посвящена радиоинтерферометрическим наблюдениям пульсара J1357-6429 в диапазоне 1-3 ГГц на телескопе ATCA. В результате наблюдений была измерена наиболее точная позиция пульсара, которая исключает предложенное ранее его оптическое отождествление. Изучены спектр и поляризация пульсара, а также получена независимая оценка меры вращения плоскости поляризации в направлении на пульсар. Результат сопоставим с предыдущими измерениями в узком диапазоне, но представляется более надёжным. Соответствующая оценка среднего значения галактического магнитного поля вдоль направления на пульсар близка к значениям для большинства других пульсаров, расположенных в пределах 2 градусов от позиции J1357-6429. Проведён независимый анализ архивных радиоинтерферометрических данных наблюдений пульсара. Это позволило установить верхний предел на собственное движение объекта, который соответствует пределу на поперечную скорость 1300 км/с.

В Главе 4 представлены наблюдения пульсара J1357-6429 в ближнем ИК диапазоне. По данным этих наблюдений детектирован слабый источник, который может отвечать за излучение пульсара в ближнем ИК диапазоне. Он надёжно детектируется в фильтрах J и Ks, а в фильтре H установлен верхний предел на его яркость. Потoki источника сопоставимы с экстраполяцией рентгеновского спектра пульсара в ближний ИК диапазон. Если обнаруженный источник действительно отвечает за излучение пульсара J1357-6429 в ближнем ИК диапазоне, то пульсар демонстрирует необычно высокую эффективность по отношению к рентгеновской в сравнении с другими пульсарами, детектированными в обоих диапазонах.

В Главе 5 представлен анализ многоволновых наблюдений пульсара J0357+3205. По данным оптических наблюдений был получен верхний предел на поток объекта. Сопоставление верхнего предела с рентгеновскими данными выявило сильный излом в

спектре излучения между оптическим и рентгеновским диапазонами. Независимый анализ архивных рентгеновских данных позволил определить температуру поверхности НЗ 36 эВ. Такое значение подтверждает сделанный ранее вывод о том, что J0357+3205 является одной из самых холодных среди НЗ с измеренными температурами.

Глава 6 посвящена анализу многоволновых наблюдений пульсара J2021+3651 в туманности Dragonfly (Стрекоза). По данным оптических наблюдений выполнены оценки верхних пределов на потоки излучения пульсара и туманности. Проведена независимая оценка расстояния до пульсара с учётом архивных данных рентгеновских наблюдений и соотношения межзвёздное поглощение-расстояние, построенного с использованием звёзд красного сгущения как стандартных свечей. Полученное значение, 1.8 кпк, и многоволновой анализ указывают на то, что пульсар J2021+3651 является неэффективным в оптическом и рентгеновском диапазонах, хотя его эффективность в гамма-диапазоне соответствует среднему для гамма-пульсаров подобного возраста.

В Заключение сформулированы основные результаты диссертационной работы. Проведены детальные исследования четырёх гамма-пульсаров на основе оригинальных наблюдений в оптическом, ИК и радио диапазонах, а также архивных радио и рентгеновских данных. Получены важные спектральные и энергетические характеристики исследованных гамма-пульсаров и новые ограничения на физические параметры НЗ, в том числе в тех случаях, когда их отождествления в каком-либо из спектральных диапазонов не удалось достичь. Указаны перспективные направления дальнейшего исследования рассмотренных объектов.

Среди достижений автора особо отметим наиболее полные многоволновые исследования гамма-пульсара J1357-6429, которые были проведены в радио, ближнем ИК, оптическом и рентгеновском диапазонах. В ближнем ИК диапазоне было обнаружено вероятное отождествление пульсара. Вывод о возможной необычайно высокой эффективности пульсара в ИК диапазоне заслуживает особого внимания.

Существенных недостатков представленная диссертация не содержит. Однако имеется ряд замечаний.

1. В работе приводится полезное сопоставление эффективностей гамма-пульсаров в ИК, оптическом и рентгеновском диапазонах, но почему-то отсутствует сопоставление с их эффективностью в гамма-диапазоне.
2. Имеется ряд стилистических неточностей, затрудняющих понимание смысла текста основного содержания.

Выводы и положения диссертации соответствуют представленным результатам. Настоящая работа является законченным научно-квалифицированным исследованием, которое выполнено на высоком научном уровне и вносит значительный вклад в развитие актуального направления современной астрофизики – исследование пульсаров в разных диапазонах спектра. Автореферат диссертации достаточно полно отображает содержание диссертационной работы и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ, предъявляемыми к авторефератам диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата наук. Требования ВАК к публикациям по теме диссертации полностью выполнены.

Диссертация Кириченко Аиды Юрьевны «Многоволновые наблюдения гамма-пульсаров» полностью соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия.

Отзыв на диссертационную работу А. Ю. Кириченко составлен доктором физико-математических наук В. В. Соколовым. Он заслушан, обсужден и одобрен на Общем астофизическом семинаре САО РАН 20 мая 2016 года.

Ведущий научный сотрудник, д. ф.-м. н.

Соколов В.В.

Подпись Соколова В. В. заверяю
ученый секретарь, к. ф.-м. н.

Кайсина Е.И.

Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
Специальная астрофизическая обсерватория
Российской Академии Наук (САО РАН)

Адрес:
САО РАН,
Нижний Архыз, Зеленчукский район,
Карачаево-Черкесская республика,
Россия, 369167
E-mail: admsao@sao.ru
Телефон: (87878) 46336
Факс: (87878) 46315