

Утверждаю

Директор ИКИ РАН

академик РАН

_____ Петрукович А.А.

«3» сентября 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)
на диссертацию Китаевой Марины Анатольевны «Поиск пульсаров и
вращающихся радиотранзиентов по наблюдениям на радиотелескопе БСА
ФИАН», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»

С момента открытия пульсаров прошло уже почти 60 лет, но интерес к этим объектам остается высоким. Хотя ежегодно из печати выходит порядка тысячи работ, посвященных исследованию пульсаров, некоторые ключевые вопросы, касающиеся их природы, пока остаются нерешенными. Изучая пульсары, ученые получают информацию не только о свойствах нейтронных звезд, но и о межзвездной и межпланетной средах, а в последнее время пульсары стали использоваться еще и как «детекторы» гравитационных волн во Вселенной. В последние двадцать лет активно ведутся также исследования другого интересного класса объектов — вращающихся радиотранзиентов, и по мере накопления данных становится все более очевидной взаимосвязь таких объектов с пульсарами. Однако мы пока еще далеки от ее понимания. Таким образом, поиск и исследование пульсаров и вращающихся радиотранзиентов (RRAT), чему посвящена диссертация, представляют собой одно из самых актуальных направлений астрофизики. Причем одним из ключевых «игроков» в мире в этой области является Пушчинская радиоастрономическая обсерватория (ПРАО) АКЦ ФИАН благодаря тому, что в ней уже много лет проводятся наблюдения на уникальном, недавно модернизированном радиотелескопе — Большой синфазной антенне (БСА). Именно на основе огромного массива данных с этой установки получены результаты, представленные в диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, четырех приложений и списка цитируемой литературы. Первая глава посвящена разработанным с участием автора методам поиска пульсаров и поиску таких объектов на радиотелескопе БСА ФИАН на частоте 111 МГц. Разработан метод усреднения спектров мощности. С его помощью в несколько этапов проведен поиск пульсаров по данным с низким частотно-временным разрешением, с последовательной оптимизацией алгоритма. В частности, протестирован новый метод калибровки 6-канальных данных с использованием сигналов от шумового генератора. Показано, что это позволяет повысить отношение сигнала к шуму в

10-30 раз в зависимости от направления на небе для данных, накопленных за 5-летний период наблюдений. С использованием разработанных методов поиска удалось обнаружить 79 новых пульсаров. Показано, что БСА ФИАН обеспечивает лучшую по сравнению со всеми конкурентами в мире чувствительность при поиске пульсаров в значительной части пространства параметров (период, мера дисперсии, положение на небе) и упомянуто, что есть перспективы дополнительного повышения чувствительности за счет дальнейшей оптимизации метода поиска. Проведен поиск радиоизлучения в метровом диапазоне длин волн для пяти гамма-пульсаров. У одного из них обнаружено периодическое излучение, для всех пяти получена верхняя оценка интегральной плотности потока.

Вторая глава посвящена исследованию дрейфового поведения субимпульсов пульсаров и измерению периодов P2 и P3. Проведено моделирование спектров мощности с параметрами, соответствующими выбранным для исследования пульсарам. Суммарные спектры мощности пульсаров с дрейфом субимпульсов хорошо описываются предложенной моделью. Распределение амплитуд гармоник в спектрах мощности для большинства исследуемых пульсаров соответствует ожидаемому распределению для этих объектов без дрейфа. Периоды дрейфа P2 определены для 11 пульсаров, периоды P3 и направление дрейфа — для 8 пульсаров.

Третья глава посвящена поиску вращающихся радиотранзиентов, исследованию характеристик обнаруженных RRAT и исследованию влияния межпланетной плазмы на проходящее через нее импульсное излучение. Найдено 12 источников импульсного излучения, которые оказались известными пульсарами, и один новый радиотранзиент. Исследование полуширин средних профилей и мощнейших импульсов найденных источников показало, что четыре из них могут быть пульсарами с гигантскими импульсами. Дополнительно проведен поиск RRAT с помощью нейронной сети, который позволил открыть 4 новых радиотранзиента. Показано, что использование нейронной сети уменьшает количество помех в 80 раз, а количество пропущенных настоящих импульсов при этом не превышает 6%. Рассмотрены различные проявления межпланетной среды на статистику наблюдаемых импульсов пульсаров. Показано, что на элонгациях от 20 до 40 градусов при наблюдениях на частоте 111 МГц может происходить как увеличение, так и уменьшение наблюдаемого количества импульсов. Впервые получены аналитические выражения для оценки индекса мерцаний по наблюдению отдельных импульсов пульсаров.

Все полученные в диссертации результаты являются новыми и представляют высокую научную ценность, так как ранее все исследования пульсаров в мире проводились на более высоких частотах, чем у радиотелескопа БСА ФИАН. Представленный в работе низкочастотный обзор поможет решить ряд задач, таких, как исследование ближнего населения пульсаров, поиск объектов с экстремальными свойствами и новых типов пульсаров, исследование их свойств в разных выборках. Достоверность представленных результатов доказывается тем, что часть обнаруженных в работе новых пульсаров и радиотранзиентов подтверждена обзорами на других крупнейших радиотелескопах (LOFAR, FAST и др.), а также тем, что они опубликованы в ведущих рецензируемых астрофизических журналах. Радиоизлучение, зарегистрированное от гамма-

пульсара J0358+3205, имеет характеристики, близкие к тем, которые были получены на других частотах в работах других авторов. Все это говорит о том, что использованные в диссертационной работе методы регистрации и обработки данных наблюдений являются корректными и составляют конкуренцию передовым пульсарным исследованиям, ведущимся в мире.

Диссертация хорошо структурирована и написана ясным языком. Текст в достаточной мере проиллюстрирован графиками и таблицами. Отметим некоторые недостатки работы:

1) В главе 1, в частности в разделе 1.2 подробно исследуется влияние разных факторов на зависимость отношения сигнала к шуму от времени при регистрации пульсаров (рис. 1.6). Однако при этом не упоминается влияние векового изменения (то есть производной) периода пульсара. По всей видимости, оно несущественно на рассматриваемом периоде наблюдений (несколько лет). Но все же стоило бы привести оценку амплитуды эффекта.

2) Таблица 8 очень важна, так как подытоживает результаты поиска пульсаров в данной работе. Однако ее можно было сделать более удобной для чтения и использования в последующих исследованиях. Эта таблица является расширенной компиляцией представленных выше по тексту таблиц 1, 2, 4 и 5, в каждой из которых приведены результаты измерений для той или иной подвыборки пульсаров. При этом отдельно и в разных форматах (иногда в основном тексте рядом с таблицей, а иногда внутри таблицы) для каждой подвыборки сообщалось о точности определения координат, периода и других характеристик пульсаров. Было бы хорошо привести все погрешности измерений прямо в итоговой таблице 8.

3) В тексте хоть и редко, но встречаются опечатки и небольшие ошибки. Так, на стр. 25, по-видимому, имеется в виду, что скорость потока данных составляет 2.76 Мб, а не Гб, в секунду. На стр. 43 используется странный термин «во внегалактической плоскости» (видимо, имеется в виду «области»). Подписи к некоторым рисункам не точно соответствуют тому, что на них показано.

Все эти замечания не являются существенными и не ставят под сомнение вынесенные на защиту научные результаты.

Результаты диссертационной работы апробированы на научных семинарах и конференциях. По теме диссертации опубликованы десять научных работ в отечественных и зарубежных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа «Поиск пульсаров и вращающихся радиотранзиентов по наблюдениям на радиотелескопе БСА ФИАН» является законченным научно-исследовательским трудом и удовлетворяет всем требованиям положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским

диссертациям, а её автор, М.А. Китаева, безусловно, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании НТС отдела астрофизики высоких энергий ИКИ РАН 24 августа 2026 г.

Отзыв подготовил:

Заведующий лабораторий
экспериментальной астрофизики ИКИ РАН
д.ф.-м.н.
профессор РАН

С.Ю. Сазонов

Контактные данные:

тел.: +7 495 3335357

e-mail: sazonov@cosmos.ru

адрес места работы: Москва, 117997, Профсоюзная ул., 84/32

Подпись С.Ю. Сазонова удостоверяю,
Ученый секретарь ИКИ РАН
кандидат физ.-мат. наук

А.М. Садовский

1 сентября 2026 г.

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН)

тел.: +7 495 3335212

e-mail: iki@cosmos.ru

почтовый адрес: Москва, 117997, Профсоюзная ул., 84/32

Список основных работ сотрудников ведущей организации Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) по теме защищаемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Salganik, Alexander; Tsygankov, Sergey S.; Molkov, Sergey V.; Lapshov, Igor Yu.; Lutovinov, Alexander A.; Tkachenko, Alexey Yu.; Mushtukov, Alexander A.; Poutanen, Juri «Discovery of a 0.8-mHz quasi-periodic oscillation in the transient X-ray pulsar SXP31.0 and associated timing transitions» // Astronomy & Astrophysics, Volume 705, id.A141, 11 pp. (2026)
2. Semena, A. N.; Mereminskiy, I. A.; Gorban, A. S. ; Molkov, S. V. ; Lutovinov, A. A.; Vikhlinin, A. A. «Pulse-phase resolved variability of the X-ray pulsar RX J0440.9+4431

with SRG/ART-XC» // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 545, Issue 2, id.staf2020, 7 pp. (2026)

3. Revnivtsev, V. M.; Postnov, K. A.; Molkov, S. V.; Shakura, N. I.; Lutovinov, A. A. Lapshov, I. Yu.; Kolesnikov, D. A.; Tkachenko, A. Yu. «Traces of wobbling accretion disk in X-ray pulsar Her X-1 from observations of the ART-XC telescope of the SRG observatory» // Astronomy & Astrophysics, Volume 698, id.A166, 9 pp. (2025)

4. Molkov, Sergey V. ; Lutovinov, Alexander A. ; Tsygankov, Sergey S. ; Suleimanov, Valery F. ; Poutanen, Juri ; Lapshov, Igor Yu. ; Mereminskiy, Ilya A. ; Semena, Andrei N. ; Arefiev, Vadim A. ; Tkachenko, Alexey Yu., «Discovery of SRGA J144459.2–604207 with the SRG/ART-XC telescope: A well-tempered bursting accreting millisecond X-ray pulsar» // Astronomy & Astrophysics, Volume 690, id.A353, 9 pp., (2024)

5. Salganik, Alexander; Tsygankov, Sergey S.; Doroshenko, Victor; Molkov, Sergey V.; Lutovinov, Alexander A.; Mushtukov, Alexander A.; Poutanen, Juri «RX J0440.9+4431: another supercritical X-ray pulsar» // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 524, Issue 4, pp.5213-5224 (2023)

6. Mereminskiy, I. A.; Lutovinov, A. A.; Postnov, K. A.; Arefiev, V. A.; Lapshov, I. Yu.; Molkov, S. V.; Sazonov, S. Yu.; Semena, A. N.; Tkachenko, A. Yu.; Shtykovsky, A. E.; Liu, Z. ; Wilms, J.; Rau, A.; Dauser, T.; Kreykenbohm, I. «Search for Pre-Burst Emission from Binary Neutron Star Mergers with Spectrum-Roentgen-Gamma» // Astronomy Letters, Volume 48, Issue 7, pp. 370-375 (2022)

7. Molkov, S.; Doroshenko, V.; Lutovinov, A.; Tsygankov, S.; Santangelo, A.; Mereminskiy, I.; Semena, A., «Discovery of the 5 keV Cyclotron Line Followed by Three Harmonics in Swift J1626.6-5156» // The Astrophysical Journal Letters, Volume 915, Issue 2, id. L27, 8 pp. (2021)