

УТВЕРЖДАЮ



Директор ИКИ РАН  
Д.ф.-м.н., академик РАН

*А. А. Петрукович*

28 мая 2026 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской Академии Наук (ИКИ РАН)

Диссертационная работа «Наблюдательная диагностика геометрии излучающих областей и магнитных полей рентгеновских пульсаров» выполнена Цыганковым Сергеем Сергеевичем в отделе Астрофизики высоких энергий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института космических исследований Российской Академии Наук (ИКИ РАН). В период подготовки диссертации соискатель работал в ИКИ РАН в должности старшего научного сотрудника, а также по договорам ГПХ.

Цыганков Сергей Сергеевич окончил факультет теоретической и экспериментальной физики Московского инженерно-физического института (технического университета) в 2004 г. по специальности «Ядерная физика». В 2007 г. закончил очную аспирантуру ИКИ РАН и защитил диссертацию на тему «Исследование аккрецирующих нейтронных звезд с сильным магнитным полем по данным космических обсерваторий» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности «Астрофизика, радиоастрономия» в совете, созданном при Институте космических исследований РАН.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН Лутовинов Александр Анатольевич, работает в Институте космических исследований РАН в должности заместителя директора по научной работе.

По результатам рассмотрения диссертации «Наблюдательная диагностика геометрии излучающих областей и магнитных полей рентгеновских пульсаров» **ПРИНЯТО СЛЕДУЮЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ:**

### ***Актуальность темы и направление исследования***

Актуальность диссертационной работы С. С. Цыганкова определяется тем, что рентгеновские пульсары являются уникальными астрофизическими лабораториями

для изучения поведения вещества и излучения в экстремальных условиях сильных магнитных полей, сверхвысоких плотностей и интенсивного радиационного давления. Понимание процессов, происходящих в таких системах, имеет фундаментальное значение не только для астрофизики, но и для физики элементарных частиц, квантовой электродинамики и физики плазмы, поскольку позволяет тестировать поведение вещества и излучения в режимах, абсолютно недостижимых в земных лабораторных условиях.

Несмотря на более чем полувековую историю изучения рентгеновских пульсаров, в этой области до сих пор сохраняется ряд фундаментальных противоречий и нерешенных вопросов. В частности, отсутствует исчерпывающее понимание механизмов формирования энергетических спектров источников, а такие временные характеристики, как профили импульса, все еще не получили адекватного теоретического объяснения. Данная проблема носит принципиальный характер: профиль импульса напрямую содержит в себе информацию о физике переноса излучения в сильно замагниченной плазме, где сечения взаимодействия фотонов с веществом критически зависят от направления распространения и состояния поляризации. Соответственно, без точного знания геометрии излучающей области и ориентации магнитной оси относительно наблюдателя расшифровка этой информации остается практически невыполнимой задачей.

В связи с этим измерение структуры магнитного поля нейтронных звезд приобретает особую актуальность. Исследование крупномасштабной структуры поля и его локальных неоднородностей служит ключом к пониманию природы формирования наблюдаемых свойств сильно замагниченных нейтронных звезд. Другим важнейшим элементом в решении указанных проблем становится определение конфигурации излучающих зон — «горячих пятен» или «аккреционных колонок», а также физических условий перехода между ними. Экспериментальное определение этого порога является актуальнейшей задачей, позволяющей напрямую исследовать структуру аккреционного потока.

Важнейшим прорывом последних лет, определившим новый этап в актуальности темы диссертации, стало появление прецизионной рентгеновской поляриметрии. Именно поляризационные измерения выступают тем недостающим звеном, которое позволяет снять вырожденность между геометрическими параметрами системы и физическими характеристиками излучения. Таким образом, комплексное использование спектральных, временных и поляриметрических данных, реализованное в представленной диссертации, представляет собой наиболее современный и перспективный подход к диагностике экстремальных физических условий вблизи поверхности нейтронных звезд.

Развитие рассматриваемых методов наблюдательной диагностики позволяет не только уточнить параметры конкретных источников, но и заложить основу для создания физически обоснованных моделей нового поколения, способных прийти на смену упрощенным феноменологическим подходам прошлых десятилетий. Это имеет

решающее значение для прогресса этой области рентгеновской астрономии и понимания фундаментальных законов природы в условиях сверхсильных магнитных полей.

### ***Цель диссертационной работы***

Целью диссертационной работы является определение физических механизмов формирования рентгеновского излучения аккрецирующих нейтронных звёзд и получение количественных ограничений на геометрию областей энерговыделения, структуру магнитного поля и режимы аккреции на основе комплексного анализа спектральных характеристик излучения, его временной переменности и поляризационных свойств в широком диапазоне энергий и темпов аккреции вещества.

### ***Научная новизна***

В диссертационной работе получены новые результаты, расширяющие представления о механизмах формирования рентгеновского излучения аккрецирующих нейтронных звёзд и диагностике геометрии областей энерговыделения. Основные элементы научной новизны заключаются в следующем:

- Проведено комплексное исследование спектральных, временных и поляризационных характеристик аккрецирующих рентгеновских пульсаров, основанное на систематическом анализе наблюдений современных космических обсерваторий. В отличие от большинства предыдущих работ, в которых указанные характеристики рассматривались отдельно, в диссертации реализован единый подход, позволяющий сопоставлять результаты различных методов диагностики и формировать согласованную физическую интерпретацию наблюдаемых свойств источников.
- Получены новые количественные ограничения на параметры аккреционных режимов и характеристики формирования спектров излучения при различных уровнях светимости источников. Проведен анализ эволюции спектральных параметров и линии циклотронного поглощения, позволивший уточнить связь наблюдаемых характеристик излучения с физическими условиями и геометрией излучающих областей.
- Развита методика анализа временных характеристик излучения аккрецирующих пульсаров и получены новые ограничения на конфигурацию магнитного поля нейтронных звезд и физических условий в аккреционном диске.
- С использованием данных рентгеновской поляриметрии впервые проведено систематическое исследование фазовой зависимости параметров поляризации аккрецирующих пульсаров, позволившее напрямую диагностировать ориентацию крупномасштабного магнитного поля нейтронной звезды относительно наблюдателя.
- Впервые выявлено наличие неппульсирующей поляризованной компоненты рентгеновского излучения, интерпретируемой как результат рассеяния излучения в

протяжённых аккреционных структурах. Данный результат указывает на многокомпонентную природу поляризационного сигнала и вводит дополнительный геометрический масштаб в интерпретацию наблюдений.

- Показано, что энергетическая зависимость степени и угла поляризации несёт информацию о механизмах формирования излучения и может использоваться как независимый инструмент разделения вкладов различных физических процессов, дополняющий спектральный анализ.

Совокупность полученных результатов формирует основу для дальнейшего совместного использования методов рентгеновской поляриметрии, спектроскопии и временного анализа в качестве полноценного диагностического метода исследования аккрецирующих нейтронных звёзд.

### ***Научная и практическая ценность работы***

Научная значимость диссертационного исследования заключается в создании методологической базы для диагностики физических условий в экстремальных условиях вблизи поверхности нейтронных звезд. Результаты работы вносят значительный вклад в понимание физики взаимодействия замагниченной плазмы с мощными полями излучения, что имеет ключевое значение для развития теории аккреции.

В работе реализован комплексный подход к анализу наблюдений, объединяющий спектральные, временные и поляризационные методы исследования. Такой подход позволил сформировать согласованную физическую картину процессов аккреции в условиях сильных магнитных полей и показать диагностические возможности совместного использования различных типов наблюдений. Полученные результаты способствуют развитию теоретических моделей переноса излучения в замагниченной плазме, формирования спектров излучения, процессов нагрева и остывания коры нейтронной звезды, формирования и эволюции магнитного поля нейтронной звезды, переходов аккреционного диска между различными физическими состояниями, а также его взаимодействия с магнитосферой нейтронной звезды.

Научная значимость работы также связана с развитием рентгеновской поляриметрии как нового направления наблюдательной астрофизики. Продемонстрирована возможность использования фазово-зависимых поляризационных измерений для определения ориентации дипольной компоненты магнитного поля нейтронной звезды относительно наблюдателя. Полученные результаты создают основу для дальнейшего применения поляриметрических наблюдений в исследованиях компактных объектов и служат вкладом в интерпретацию данных современных и будущих космических миссий. Выявление непульсирующей поляризованной компоненты излучения и установление её связи с рассеянием в аккреционных структурах расширяет понимание механизмов формирования наблюдаемого сигнала и вводит дополнительные ограничения на геометрию и пространственное распределение вещества вблизи источника. Эти

результаты имеют фундаментальное значение для дальнейшего развития моделей аккреции в двойных системах.

Практическая ценность работы заключается в разработке и применении методов обработки и анализа наблюдательных данных, которые могут использоваться при интерпретации результатов текущих и будущих рентгеновских наблюдений. Полученные алгоритмы и процедуры анализа спектральных, временных и поляризационных характеристик применимы в широком круге задач астрофизики высоких энергий. Результаты диссертации используются при подготовке и проведении научных исследований в области астрофизики компактных объектов, а также в образовательной деятельности при чтении курсов, посвящённых методам анализа наблюдательных данных и физике нейтронных звёзд. Полученные выводы представляют интерес для специалистов, работающих в области теоретической и наблюдательной астрофизики, и могут служить основой для дальнейших исследований процессов аккреции и взаимодействия излучения с веществом в экстремальных физических условиях.

### *Личный вклад автора*

Представленные в диссертации результаты получены автором лично либо при его непосредственном участии в составе исследовательских коллективов. Автор являлся инициатором и одним из основных исполнителей большинства исследований, вошедших в диссертацию, определял направления работы, формулировал цели и задачи, а также принимал непосредственное участие в интерпретации полученных результатов.

Автором выполнен значительный объем работ, связанных с анализом и интерпретацией данных современных рентгеновских обсерваторий *NuSTAR*, *Swift*, *NICER*, *XMM-Newton*, *INTEGRAL*, *RXTE* и *IXPE*. В рамках исследований проводились обработка и анализ спектральных, временных и поляриметрических данных рентгеновских пульсаров, разработка и применение методов диагностики магнитных полей нейтронных звезд, а также физическая интерпретация наблюдаемых эффектов.

Автор принимал активное участие в международных научных проектах и наблюдательных программах, посвященных исследованию аккрецирующих нейтронных звезд. В частности, он участвовал в подготовке наблюдательных заявок, планировании наблюдений и анализе полученных данных, включая исследования, выполненные с использованием рентгеновской поляриметрической обсерватории *IXPE*.

Существенная часть результатов диссертации опубликована в ведущих международных рецензируемых журналах. Автор принимал непосредственное участие в подготовке и написании научных статей, представлении результатов на российских и международных конференциях, а также в обсуждении и интерпретации результатов в рамках сотрудничества с российскими и зарубежными коллегами.

## ***Объем и структура работы***

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения. Полный объем диссертации 221 страница текста с 85 рисунками и 15 таблицами. Список литературы содержит 550 наименований.

## ***Положения, выносимые на защиту***

На защиту выносятся следующие основные результаты диссертационной работы:

1. На основе анализа зависимости энергии циклотронной линии от светимости для рентгеновских пульсаров предложен способ прямого определения критической аккреционной светимости  $L_{\text{crit}}$ , соответствующей переходу к формированию радиационно-доминированной аккреционной колонки. Для пульсара V 0332+53 впервые измерено значение  $L_{\text{crit}} \approx 0.7 \times 10^{37}$  эрг  $\text{с}^{-1}$ , согласующееся с теоретическими предсказаниями.

2. Экспериментально подтверждено существование режима центробежного барьера (эффекта «пропеллера») в пяти рентгеновских пульсарах. Разработан метод определения напряженности и структуры магнитного поля нейтронной звезды по светимости перехода в такой режим. Применение этого метода позволило установить наличие недипольной компоненты магнитного поля, превышающей дипольную примерно на порядок, в системах SMC X-3 и Swift J0243.6+6124.

3. Развита метод использования спектров мощности излучения замагниченных компактных объектов, позволяющий определять напряженность и структуру их магнитных полей и идентифицировать разные режимы взаимодействия аккреционного диска с магнитосферой. Для пульсаров Her X-1 и GRO J1744-28 получены свидетельства наличия квадрупольной компоненты магнитного поля. В системе GRO J1744-28 обнаружен переход внутренних областей аккреционного диска в режим доминирования радиационного давления.

4. Предложен и откалиброван метод проверки аккреционной природы рентгеновского излучения нейтронных звезд по форме наблюдаемого спектра мощности. Показано, что рентгеновское излучение пульсара 4U 0115+63 при низких светимостях обусловлено тепловым остыванием полярных шапок нейтронной звезды. Продемонстрировано, что отсутствие красного шума в спектрах мощности магнетаров противоречит гипотезе об аккреционной природе их постоянного рентгеновского излучения.

5. Обнаружен новый тип спектров излучения рентгеновских пульсаров при низких светимостях, характеризующийся наличием двух широких спектральных компонент с максимумами в областях нескольких кэВ и нескольких десятков кэВ. Предложена модель их формирования, в которой мягкая компонента связана с комптонизированным тепловым излучением горячих пятен на поверхности нейтронной звезды, а жесткая - с комптонизированными циклотронными фотонами.

6. Предложена модель квазистабильной аккреции из рекомбинированного (с температурой ниже  $\sim 6500$  К) диска на замагниченные нейтронные звезды. Показано, что возможность перехода в такой режим определяется комбинацией периода вращения и напряженности магнитного поля нейтронной звезды. Предсказания модели верифицированы на выборке из более чем десятка рентгеновских пульсаров и не имеют наблюдательных исключений среди исследованных систем.

7. На основе данных рентгеновской поляриметрической обсерватории *IXPE* впервые измерена ориентация оси вращения и магнитного диполя относительно луча зрения для двенадцати наиболее ярких рентгеновских пульсаров. Показано, что два из них (GRO J1008-57 и X Persei) представляют собой ортогональные ротаторы, в которых ось магнитного диполя перпендикулярна оси вращения нейтронной звезды.

8. Впервые измерена степень линейной поляризации аккрецирующих рентгеновских пульсаров, величина которой 5-15% оказалась существенно ниже теоретически предсказанных значений 60-80%. Установлено, что этот эффект носит универсальный характер и свидетельствует о наличии эффективных механизмов деполяризации в излучающих областях нейтронных звезд.

9. В излучении двух ярких транзиентных рентгеновских пульсаров Swift J0243.6+6124 и RX J0440.9+4431 обнаружена неппульсирующая поляризованная компонента. Предложена интерпретация, согласно которой она формируется в результате рассеяния рентгеновского излучения нейтронной звезды в оттоках вещества из аккреционного диска.

### ***Достоверность и апробация результатов***

Основные результаты диссертации опубликованы в 33 реферируемых статьях в ведущих мировых журналах из списка ВАК. Результаты работы докладывались на десятках всероссийских и международных конференций и семинарах. Основные результаты диссертации изложены в следующих статьях:

1. Цыганков С.С., Лутовинов А. А., Чуразов Е. М., Сюняев Р. А. "4U 0115+63 по данным обсерваторий RXTE и INTEGRAL: профиль импульса и энергия циклотронной линии"// Письма в Астрономический журнал, 33, 417 (2007)
2. Doroshenko V., Tsygankov S. S., Mushtukov A. A., Lutovinov A. A., Santangelo A., Suleimanov V. F., Poutanen J. "Luminosity dependence of the cyclotron line and evidence for the accretion regime transition in V 0332+53"// MNRAS, 466, 2143 (2017)
3. Mönkkönen J., Tsygankov S. S., Mushtukov A. A., Doroshenko V., Suleimanov V. F., Poutanen J. "Constraints on the magnetic field structure in accreting compact objects from aperiodic variability" // MNRAS, 515, 571 (2022)
4. Mönkkönen J., Tsygankov S. S., Mushtukov A. A., Doroshenko V., Suleimanov V. F., Poutanen J. Evidence for the radiation-pressure dominated accretion disk in bursting pulsar GRO J1744-28 using timing analysis // Astronomy and Astrophysics, 626, A106 (2019)
5. Doroshenko V., Santangelo A., Suleimanov V. F., Tsygankov S. S. "An observational

- argument against accretion in magnetars” // *Astronomy and Astrophysics*, 643, A173 (2020)
6. Tsygankov S. S., Mushtukov A. A., Suleimanov V. F., Poutanen J. "Propeller effect in action in the ultraluminous accreting magnetar M82 X-2" // *MNRAS*, 457, 1101 (2016)
  7. Tsygankov S. S., Lutovinov A. A., Doroshenko V., Mushtukov A. A., Suleimanov V., Poutanen J. "Propeller effect in two brightest transient X-ray pulsars: 4U 0115+63 and V 0332+53" // *Astronomy and Astrophysics*, 593, A16 (2016)
  8. Tsygankov S. S., Doroshenko V., Lutovinov A. A., Mushtukov A. A., Poutanen J. "SMC X-3: the closest ultraluminous X-ray source powered by a neutron star with non-dipole magnetic field" // *Astronomy and Astrophysics*, 605, A39 (2017)
  9. Lutovinov A. A., Tsygankov S. S., Karasev D. I., Molkov S. V., Doroshenko V. "GRO J1750-27: A neutron star far behind the Galactic Center switching into the propeller regime" // *MNRAS*, 485, 770 (2019)
  10. Tsygankov S. S., Doroshenko V., Mushtukov A. A., Lutovinov A. A., Poutanen J. "On the magnetic field of the first Galactic ultraluminous X-ray pulsar Swift J0243.6+6124" // *MNRAS*, 479, L134 (2018)
  11. Lutovinov A. A., Tsygankov S. S., Krivonos R. A., Molkov S. V., Poutanen J. "Propeller Effect in the Transient X-Ray Pulsar SMC X-2" // *The Astrophysical Journal*, 834, 209 (2017)
  12. Xiao H., Tsygankov S. S., Suleimanov V. F., Mushtukov A. A., Ji L., Poutanen J. "Propeller effect in action: Unveiling quenched accretion in the transient X-ray pulsar 4U 0115+63" // *Astronomy and Astrophysics*, 702, A216 (2025)
  13. Tsygankov S. S., Mushtukov A. A., Suleimanov V. F., Doroshenko V., Abolmasov P. K., Lutovinov A. A., Poutanen J. "Stable accretion from a cold disc in highly magnetized neutron stars" // *Astronomy and Astrophysics*, 608, A17 (2017)
  14. Tsygankov S. S., Wijnands R., Lutovinov A. A., Degenaar N., Poutanen J. "The X-ray properties of Be/X-ray pulsars in quiescence" // *MNRAS*, 470, 126 (2017)
  15. Lutovinov A. A., Tsygankov S. S., Mereminskiy I. A., et al. "SRG/ART-XC discovery of SRGA J204318.2+443815: Towards the complete population of faint X-ray pulsars" // *Astronomy and Astrophysics*, 661, A28 (2022)
  16. Tsygankov S. S., Doroshenko V., Mushtukov A. A., Lutovinov A. A., Poutanen J. "Study of the X-ray pulsar IGR J19294+1816 with NuSTAR: Detection of cyclotron line and transition to accretion from the cold disk" // *Astronomy and Astrophysics*, 621, A134 (2019)
  17. Tsygankov S. S., Rouco Escorial A., Suleimanov V. F., Mushtukov A. A., Doroshenko V., Lutovinov A. A., Wijnands R., Poutanen J. "Dramatic spectral transition of X-ray pulsar GX 304-1 in low luminous state" // *MNRAS*, 483, L144 (2019)
  18. Tsygankov S. S., Doroshenko V., Mushtukov A. A., Suleimanov V. F., Lutovinov A. A., Poutanen J. "Cyclotron emission, absorption, and the two faces of X-ray pulsar A 0535+262" // *MNRAS*, 487, L30 (2019)
  19. Lutovinov A., Tsygankov S., Molkov S., et al. "SRG/ART-XC and NuSTAR Observations of the X-Ray pulsar GRO J1008-57 in the Lowest Luminosity State" // *The Astrophysical Journal*, 912, 17 (2021)

20. Doroshenko V., Santangelo A., Tsygankov S. S., Ji L. "SGR 0755-2933: a new high-mass X-ray binary with the wrong name" // *Astronomy and Astrophysics*, 647, A165 (2021)
21. Mushtukov A. A., Suleimanov V. F., Tsygankov S. S., Portegies Zwart S. "Spectrum formation in X-ray pulsars at very low mass accretion rate: Monte Carlo approach" // *MNRAS*, 503, 5193 (2021)
22. Tsygankov S. S., Molkov S. V., Doroshenko V., et al. "SRG/ART-XC, Swift, NICER, and NuSTAR study of different states of the transient X-ray pulsar MAXI J0903-531" // *Astronomy and Astrophysics*, 661, A45 (2022)
23. Tsygankov S. S., Doroshenko V., Poutanen J., et al. "The X-Ray Polarimetry View of the Accreting Pulsar Cen X-3" // *The Astrophysical Journal*, 941, L14 (2022)
24. Doroshenko V., Poutanen J., Tsygankov S. S., et al. "Determination of X-ray pulsar geometry with IXPE polarimetry" // *Nature Astronomy*, 6, 1433 (2022)
25. Tsygankov S. S., Doroshenko V., Mushtukov A. A., et al. "X-ray pulsar GRO J1008-57 as an orthogonal rotator" // *Astronomy and Astrophysics*, 675, A48 (2023)
26. Mushtukov A. A., Tsygankov S. S., Poutanen J., et al. "X-ray polarimetry of X-ray pulsar X Persei: another orthogonal rotator?" // *MNRAS*, 524, 2004 (2023)
27. Doroshenko V., Poutanen J., Heyl J., Tsygankov S. S., et al. "Complex variations in X-ray polarization in the X-ray pulsar LS V +44 17/RX J0440.9+4431" // *Astronomy and Astrophysics*, 677, A57 (2023)
28. Forsblom S. V., Tsygankov S. S., Poutanen J., et al. "Probing the polarized emission from SMC X-1: The brightest X-ray pulsar observed by IXPE" // *Astronomy and Astrophysics*, 691, A216 (2024)
29. Poutanen J., Tsygankov S. S., Doroshenko V., et al. "Studying geometry of the ultraluminous X-ray pulsar Swift J0243.6+6124 using X-ray and optical polarimetry" // *Astronomy and Astrophysics*, 691, A123 (2024)
30. Poutanen J., Tsygankov S. S., Forsblom S. V. "X-ray Polarimetry of X-ray Pulsars" // *Galaxies*, 12, 46 (2024)
31. Forsblom S. V., Tsygankov S. S., Suleimanov V. F., Mushtukov A. A., Poutanen J. "Revealing two orthogonally polarized spectral components in Vela X-1 with IXPE" // *Astronomy and Astrophysics*, 696, A224 (2025)
32. Zhao Q. C., Tao L., Tsygankov S. S., et al. "Continuous evolution of the polarization properties in the transient X-ray pulsar RX J0440.9+4431/LS V +44 17" // *Astronomy and Astrophysics*, 693, A241 (2025)
33. Zhao Q. C., Tao L., Tsygankov S. S., et al. "Discovery of energy-dependent phase variations in the polarization angle of Cen X-3" // *Astronomy and Astrophysics*, 708, A94 (2026)

## Соответствие содержания диссертации паспорту специальности

### 1.3.1 – «Физика космоса, астрономия»

Работа С. С. Цыганкова посвящена исследованию физических процессов, происходящих вблизи поверхности аккрецирующих замагниченных нейтронных звезд в рентгеновских двойных системах, включая изучение структуры магнитного поля нейтронных звезд, свойств аккреционного потока, механизмов формирования рентгеновского излучения, а также спектральных, временных и поляризационных характеристик рентгеновских пульсаров по данным современных космических обсерваторий. Данное направление исследований соответствует требованиям паспорта специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия». Задачи данной диссертации относятся к следующей области исследования: «Исследование физических процессов, связанных с генерацией излучения (электромагнитного, нейтринного, гравитационного), распространения и поглощения излучения в космических средах; разработка методов анализа электромагнитного излучения в различных спектральных диапазонах в применении к астрономическим наблюдениям».

### **ВЫВОД.**

Диссертационная работа «Наблюдательная диагностика геометрии излучающих областей и магнитных полей рентгеновских пульсаров» Цыганкова Сергея Сергеевича соответствует «Положению о порядке присуждения ученых степеней» и рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.1 «Физика космоса, астрономия».

Заключение принято на заседании НТС отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН. Присутствовало на заседании 16 чел. Результаты голосования: «за» - 16 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол от «27» мая 2026 г.

Председатель НТС  
отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН,  
д.ф.-м.н., член-корр. РАН

А.А. Лутовинов

Ученый секретарь НТС  
отдела Астрофизики высоких энергий ИКИ РАН,  
к.ф.-м.н.

В.А. Артефьев