

Отчёт по теме «Физика тесных двойных звёздных систем» за 2022 год

Академик РАН – 1

Докт.ф.-м.н. – 5

Канд.ф.-м.н. – 13

Статистика публикаций в высокорейтинговых журналах

Монография – 2

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society – 5

Astrophysical Journal – 2

Solar Physics - 1

Astronomy and Astrophysics – 1

Geomagnetism and Aeronomy – 3

Astrophysics – 1

Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso – 1

Астрономический журнал – 6

Письма в АЖ – 2

Астрофизический Бюллетень – 3

Переменные звёзды – 2

Астрономический Циркуляр - 1

Open Astronomy – 1

Общее количество журнальных публикаций – 29, монографий – 2, публикаций в Сборниках – 9, тезисов докладов – 12 (см. файл с библиографией).

Представлено 20 докладов, в том числе: 1 приглашённый, 17 устных, 2 стендовых, публичная лекция – 1.

1. Участники темы:

К.ф.-м.н. с.н.с. М. К. Абубекеров,

к.ф.-м.н. с.н.с. И. И. Антохин,

к.ф.-м.н. с.н.с. Э. А. Антохина,

д.ф.-м.н. в.н.с. А. И. Богомазов,

д.ф.-м.н. в.н.с. Н. Г. Бочкарёв,

к.ф.-м.н. н.с. О. М. Белова

д.ф.-м.н. в.н.с. К. В. Бычков,

к.ф.-м.н. н.с. Н. Ю. Гостев,

к.ф.-м.н. м.н.с. Е. С. Дмитриенко,

к.ф.-м.н. с.н.с. Н. А. Катышева,

д.ф.-м.н. в.н.с. М. М. Кацова,

к.ф.-м.н. н.с. Б. А. Низамов,

д.ф.-м.н.в.н.с.Е.В.Сейфина,
к.ф.-м.н. с.н.с. А. И. Халиуллина,
к.ф.-м.н. с.н.с. Т. С. Хрузина,
акад. проф. д.ф.-м.н. зав.отделом А. М. Черепашук,
к.ф.-м.н. с.н.с. С. Ю. Шугаров,
к.ф.-м.н. ст.н.с. И. Б. Волошина,
к.ф.-м.н. н.с. В. С. Козырева,
к.ф.-м.н. И. М. Лившиц (0.5 вед.инж.)

Важнейшие результаты 2022 года

И.И. Антохиным, Э.А. Антохиной, А.М. Черепашуком и А.М. Татарниковым на 2.5-метровом телескопе КГО ГАИШ впервые получены детальные J, H, K-орбитальные кривые блеска слабого ($V > 23^m$) микроквзара Cyg X-3, состоящего из звезды Вольфа-Райе (WR) и релятивистского объекта (с), аккрецирующего из звездного ветра звезды WR. Завершен анализ инфракрасных и рентгеновских архивных наблюдений этой уникальной двойной системы. Обнаружена значительная переменность кривых блеска от периода к периоду и аномальное поведение показателей цвета системы. Предложена модель системы, в которой в ветре звезды WR присутствуют дополнительные структуры: ударная волна перед релятивистской компонентой и плотные сгустки в ветре, создаваемые релятивистским джетом. Наблюдения показывают, что в системе, помимо свободно-свободного ИК излучения ветра WR, присутствует компактный ИК источник, расположенный вблизи релятивистского объекта. Модель позволила объяснить основные наблюдаемые особенности ИК и рентгеновских кривых блеска и необычное изменение цвета в ИК диапазоне. Анализ кривых блеска в нашей модели свидетельствуют в пользу того, что релятивистским компонентом в системе является черная дыра (опубликовано в **Astrophysical Journal**).

А.И. Богомазовым, А.М. Черепашуком, Т.С. Хрузиной совместно с А. В. Тутуковым (ИНАСАН) при помощи «Машины сценариев» изучена эволюция маломассивной рентгеновской двойной системы AX J1745.6–2901 с аномально быстрым уменьшением своего орбитального периода, темп которого превосходит все возможные потери орбитального момента системы в стандартной модели. Показано, что такие двойные звезды в ходе своей эволюции, предшествующей современному состоянию, должны проходить стадию с общей оболочкой. В этой оболочке магнитное поле маломассивной звезды может быть многократно усилено. Расчеты показали, что магнитный звездный ветер оптического компаньона может эффективно удалять угловой момент из двойных систем и создавать наблюдаемые изменения орбитального периода в AX J1745.6–2901 и в маломассивных системах с черными дырами. Оценена необходимая для того величина индукции магнитного поля для систем AX J1745.6–2901 (400 Гс), KV UMa (1500 Гс), A0620–00 (400 Гс), Nova Muscae (1800 Гс). Успешно воспроизведена наблюдаемая доля аномальных рентгеновских новых с нейтронными звездами и вычислен параметр магнитного звездного ветра, им соответствующий (опубликовано в **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**).

А.М. Черепашуком, Т.С. Хрузиной, А.И. Богомазовым было выполнено моделирование оптических орбитальных кривых блеска системы Sco X-1, полученных космической обсерваторией Кеплер во время миссии K2. Моделирование проведено в предположении о

неполном заполнении оптической звездой своей полости Роша и аккреции нейтронной звездой вещества звездного ветра оптической звезды, индуцированного сильным рентгеновским прогревом. В рамках такой модели удалось непротиворечиво описать наблюдаемые оптические кривые блеска в разных состояниях блеска и найти оптимальные значения параметров. В указанной модели звезда принадлежит главной последовательности, аккреционный диск доминирует в общей оптической светимости, вклад оптической звезды около 20%. Масса нейтронной звезды была оценена как $1.5(1)$ массы Солнца (M_{\odot}), при этом радиус аккреционного диска относительно мал, около 0.35 радиусов Солнца, значительно меньше радиуса полости Роша нейтронной звезды. Это согласуется с моделью аккреции из звездного ветра. Переход от низкого к высокому состоянию системы соответствует увеличению рентгеновской светимости центрального источника примерно в 2 раза (опубликовано в *Астрономическом журнале*).

Е.В. Сейфиной, Л.Г. Титарчуком совместно с Ф. Лораном представлено теоретическое обоснование формирования аннигиляционной линии 511 кэВ из-за фотон-фотонного взаимодействия вблизи горизонта черной дыры (ЧД) путем моделирования методом Монте-Карло. Показано, что тепловые фотоны в комптоновском облаке очень близко к горизонту ЧД взаимодействуют с фотонами, пришедшими издалека, и «видимы» с сильным синим смещением, потенциально превышающим энергию порядка МэВ. Этот эффект приводит к рождению электрон-позитронных пар с последующей быстрой аннигиляцией созданных позитронов с электронами комптоновского облака. Образовавшаяся аннигиляционная линия, расположенная на разных радиусах от горизонта, видна земному наблюдателю как система линий излучения на энергиях около $(511/z)$ кэВ, где $z=20$ — типичное гравитационное красное смещение, испытываемое фотонами аннигиляционной линии, когда они формируются. Этот избыток на энергиях около 20 кэВ, полученный сначала аналитически, был подтвержден с помощью моделирования методом Монте-Карло. Показано, этот эффект подобен так называемому эффекту отражения, наблюдаемому во многих системах с ЧД. Данная транзитная особенность может быть признаком ЧД, который должен возникать в любой двойной системе с аккрецирующей ЧД, галактической или внегалактической. Также изучены наблюдательные свидетельства этой особенности в нескольких галактических системах с ЧД. Получены оценки массы черной дыры в тесной двойной системе MAXI J1348–630 с помощью метода скалирования по данным Swift/RXT с привлечением уточненного расстояния до объекта по данным SGR/eROSITA (работа представлена на **44th COSPAR Scientific Assembly**).

М.М.Кацовой, И.М.Лившицем, совместно с Д.Д. Соколовым (физфак МГУ) и В.Н. Обридко (ИЗМИРАН) на большой базе наблюдательных данных сравнили характеристики рентгеновских вспышек на Солнце и на звёздах солнечного типа. Показано, что для слабых вспышек зависимость от пятнистости поверхности звезды может быть довольно слабой, поскольку такие вспышки могут происходить как в малых, так и в больших активных областях. Мощные крупные вспышки классов М и X происходят гораздо чаще в больших активных областях. Анализ частоты возникновения мощных солнечных рентгеновских вспышек классов М и X и сверхвспышек на звёздах показывает, что с учётом разницы в пятнистости и компактности активных областей оба набора могут быть описаны единой моделью. Таким образом, проблема сверхвспышек на звёздах и их отсутствия на Солнце сводится к проблеме причин более высокой запятненности на звёздах. Одной из возмож-

ных причин является то, что Солнце более старая звезда, и у неё значительно более медленное вращение. В процессе исследования было показано, что в традиционных схемах не учитывалась различная зависимость вспышек разной мощности от запятнённости. Зависимость числа малых вспышек от запятнённости практически отсутствует. Само понятие запятнённости для Солнца и звёзд различно: для Солнца в это понятие включается площадь всего пятна, а для звёзд – только тени. Соответственно необходимо было уточнить границы тени и полутени, соответствующие стандартным фотометрическим наблюдениям и соответственно указать средние значения магнитного поля. С учётом всех этих поправок оказалось, что сводная диаграмма не противоречит концепции единства механизмов вспышек на Солнце и звёздах (опубликовано в **Astrophysical Journal**).

Основные результаты

М.К. Абубекеровым и Н.Ю. Гостевым реализован алгоритм моделирования кривой блеска затменной двойной системы с экзопланетой с параметрами системы Kepler-6b, позволяющий учесть запятнённость поверхности звезды и ее влияние на результаты интерпретации транзитной кривой блеска при разном числе пятен и разным их расположением на поверхности материнской звезды. Показано, что более всего запятнённость влияет на определение значения радиуса планеты. Численные значения радиуса звезды, наклона орбиты и коэффициентов потемнения к краю более устойчивы: их изменения составляют не более тройной величины их погрешностей при запятнённости до 11.5%. Проверено предположение, что пятна на поверхности звезды могут значительно исказить значения коэффициентов потемнения к краю, а значения геометрических параметров двойной почти не подвержены изменению из-за запятнённости поверхности материнской звезды.

Э.А. Антохина и И.И. Антохин завершили анализ кривых блеска массивной двойной системы WR22, состоящей из звезды WN7 и звезды главной последовательности типа OIII-V. Наблюдения (3 полных орбитальных периода) были получены на спутнике космической миссии BRITe-constellation (Канада). WR22 необычна тем, что при большом орбитальном периоде 80 дней и эксцентриситете орбиты $e=0.6$, на кривой блеска наблюдается единственный минимум глубиной ~ 0.08 mag. Для анализа кривых блеска использовался наш программный код синтеза кривых блеска ТДС в модели Роша с учетом звездного ветра вокруг одной из звезд. Были найдены два решения задачи, соответствующие двум возможным классам светимости звезды O9III и O9V. Показано, что единственное затмение в системе является почти полным, а на его ширину и глубину сильно влияет поглощение излучения O-звезды ветром звезды WR. С использованием литературных данных по модельным расчетам спектров звезд WR сделан вывод, что O-звезда имеет спектральный класс O9V. Определены параметры системы: наклонение орбиты $i=84$ град., массы звезд $M(WR)=56M_{\odot}$ и $M(O9)=21M_{\odot}$, температура звезды WR $T=50\,000$ K, скорость потери массы звездой WR $dM/dt=2E(-5) M_{\odot}/год$ и другие.

К.В. Бычков разработал программные коды для водородо-гелиево-кальциевой плазмы с целью изучения формирования эмиссионных и абсорбционных линий в условиях надфотосферного газа звёздных атмосфер. Они применены для объяснения свечения солнечной вспышки в спектральных линиях указанных химических элементов с учётом усиленного нагрева газа снизу МГД-волнами и ионизации и возбуждения потоком надтепловых час-

тиц из короны. Показана принципиальная применимость метода и важность надтепловых частиц для объяснения наблюдаемого излучения гелия. Создана программа для расчёта ионизации и возбуждения надтепловыми частицами (фотонами и электронами) газа в условиях надфотосферных слоёв.

Н.Г. Бочкарев и Е.А. Карицкая (ИНАСАН) рассмотрели модель дискретного перетекания вещества в рентгеновской двойной Her X-1/HZ Her, развитую ими в конце 80-х годов прошлого века. Она хорошо объясняет множество явлений в этой рентгеновской системе, включая пики на оптических кривых блеска, возникающие из-за взаимодействия дискретно перетекающего вещества с внешними частями аккреционного диска, в результате которого формируются горячие сгустки вещества (блобы). Основываясь на опубликованных кривых блеска, построенных на основе богатейшего фотометрического наблюдательного материала, построена фазовая диаграмма (ϕ , ψ) выявленных возможных пиков. Сделано заключение, что появление пиков на орбитальных кривых блеска в определенные орбитальные фазы в зависимости от фаз 35-дневного цикла продолжается, а, следовательно, и механизм формирования блобов продолжает работать и в настоящее время. Наблюдения на eROSITA подтверждают существование короны вокруг аккреционного диска, предсказанной нами в рамках данной модели.

Е.С. Дмитриенко (и 32 соавтора) с целью изучения свойств двойных звездных систем на эксцентричных орбитах с колебаниями блеска, вызванными приливными взаимодействиями звезд, проведено исследование, основанное на спектроскопии высокого разрешения и космической фотометрии миссии K2, пяти химически пекулярных звезд в области открытого скопления M44. Эта работа актуальна для дальнейших детальных исследований химически пекулярных звезд, например, их неоднородностей (включая пятна) в отсутствие магнитных полей и происхождения пульсационной изменчивости в таких системах.

Е.С. Дмитриенко в соавторстве с И.С. Савановым (ИНАСАН) по результатам анализа фотометрических наблюдений с космическим телескопом Кеплер исследовали звезды KIC 2142183 и KIC 5428626 – быстро вращающиеся гиганты, обладающие вспышечной активностью. Выполнены оценки параметров запятненности и дифференциального вращения звезд. Результаты исследования и имеющиеся в литературе данные позволяют считать эти объекты вероятными кандидатами в звезды типа FK Com.

Е.С. Дмитриенко в соавторстве с И.С. Савановым (ИНАСАН) для 7 ультрахолодных карликов, подобных TRAPPIST-1, с учетом литературных данных, определили величины параметра их запятненности S (доли поверхности, покрытой холодными пятнами) и площадей пятен в единицах долей площади поверхности Солнца. Получено, что в среднем TRAPPIST-1 вращается медленнее, чем большинство звезд из рассматриваемой выборки, а его запятненность выше, чем у них. При сравнении исследованных 7 объектов, для которых имеются достоверные сведения об их возрасте, вращении и пятенной активности, найдено, что доля поверхности TRAPPIST-1, покрытая пятнами, превосходит аналогичные величины для других объектов, в том числе даже для более молодых звезд с возрастом 1–3 млрд лет. Звезды TIC 302408306 и TIC 366567664 (возраст 9.0 и 7.9 млрд лет, соответственно) вращаются быстрее, чем TRAPPIST-1, площадь их поверхности, покрытая

пятнами, несколько меньше, чем у TRAPPIST-1. Указанные объекты обладают более стабильными и более гладкими фазовыми кривыми с одним минимумом.

Е.С. Дмитриенко в соавторстве с И.С. Савановым (ИНАСАН) и др. представлены новые результаты исследования звезды типа FK Com – ET Dra, основанные на наблюдениях, проведенных в Звенигородской обсерватории ИНАСАН, с помощью телескопа FRA-M RM обсерватории Ла Пальма (Испания) и широкополосной оптической системы мониторинга Mini-MegaT RT RA CAO РАН. Изучены изменения формы кривой блеска, вызванные вращательной модуляцией звезды с пятнами на поверхности, и долговременная переменность блеска. Определен период вращения по всем доступным нам сетам наблюдений. Зарегистрирована вспышка звезды с энергиями около $2.8E37$, $1.9E37$ и $1.5E37$ эрг в В, V и R фильтрах соответственно. Найдены указания на существование циклов продолжительностью 580 и 810^d , что соответствует 1.55 и 2.23 годам.

Е.С. Дмитриенко в соавторстве с И.С. Савановым (ИНАСАН) и др. проведен анализ полученного наблюдательного материала в 2021 в Звенигородской обсерватории ИНАСАН ультрабыстрого ротатора спектрального класса K3V – звезды LO Peg. Найдено, что по сравнению с 2017 г. блеск звезды в среднем увеличился примерно на 0.09^m . По кривым блеска восстановлены карты температурных неоднородностей на поверхности LO Peg и определены долготы, соответствующие положению активных областей. Площадь поверхности звезды, покрытая пятнами, перестала уменьшаться и достигла 12% от площади ее полной видимой поверхности.

Н.А. Катышевой и С.Ю. Шугаровым (совместно с сотрудниками CAO РАН и Казанского Федерального Университета) проведён анализ спектроскопических и фотометрических наблюдения затменного поляра BS Tr1. Изменения формы кривой блеска поляра можно объяснить изменением вклада аккреционного потока в интегральное излучение системы. По кривым лучевых скоростей облучаемой части вторичного компонента уточнены массы компонентов системы $M_1 = 0.60(4) M_s$ и $M_2 \sim 0.12 M_s$ и наклонение орбиты $i = 85.0(5)$ градусов. Спектры поляра показывают формирование циклотронных гармоник в аккреционном пятне с напряженностью магнитного поля $B = 22.7(4) \text{ МГс}$ и средней температурой $T \sim 10 \text{ кэВ}$. Помимо циклотронных гармоник, в спектрах BS Tr1 присутствуют зеемановские компоненты линии H α , которые, вероятно, формируются в холодном гало вблизи пятна аккреции. Ориентация магнитного диполя и координаты аккреционного пятна оценены путем моделирования кривых блеска поляра. Показано, что для удовлетворительного описания кривых блеска BS Tr1 необходимо учитывать изменчивость оптической толщины пятна вдоль луча зрения. На доплеровских картах BS Tr1 видно, что часть аккреционного потока с траекторией, близкой к баллистической, расположена вблизи точки Лагранжа L1, а другая часть потока движется вдоль силовых линий магнитного поля.

М.М. Кацова, И.М. Лившиц (совместно с В.Н. Обридко, ИЗМИРАН, Д.Д. Соколовым, физфак МГУ, Б.Д. Шельтинг, ИЗМИРАН), рассмотрели вопрос о том, насколько корректно буквальное сопоставление запятнённости Солнца и звёзд, в связи с тем, что фотометрические свойства пятен и их магнитные границы могут и должны различаться. Предложен метод определения границы пятна по величине магнитного поля. Анализ наблюдений SDO/HMI показал, что радиальная составляющая магнитного поля на внешней границе

полутени составляет около 550 Мх/см^2 независимо от площади пятна и максимального магнитного поля в тени. Средняя напряженность магнитного поля в пятнах несколько возрастает с увеличением площади пятен до 500-1000 м.д.п. и может достигать около 900 Мх/см^2 . Среднее поле в тени составляет около 2000 Мх/см^2 . Суммарный магнитный поток слабо зависит от максимальной напряженности поля в пятне и определяется запятненностью, т. е. числом пятен и суммарной площадью пятен; однако связь между полным потоком и площадью солнечных пятен существенно нелинейна. Предложена явная параметризация этого отношения. Вклад магнитного потока, связанного с солнечными пятнами, в общий магнитный поток невелик, не достигая более 20% даже в максимуме солнечной активности.

М.М. Кацовой (совместно с В.Н. Обридко, ИЗМИРАН, и Д.Д. Соколовым, физфак МГУ) проверена планетная гипотеза возникновения солнечно-звёздной активности. Циклы активности солнца и звёзд традиционно связывают с генерацией магнитного поля механизмом динамо, при котором энергия полоидального поля превращается в энергию тороидального компонента за счёт дифференциального вращения. Однако существует альтернативная точка зрения, объясняющая генерацию поля влиянием гравитации планетной системы и, прежде всего, Юпитера. Эта гипотеза может быть проверена сравнением характеристик экзопланеты с долговременными изменениями активности связанных с ними звезд. Мы провели такое сравнение и получили отрицательный вывод. Отсутствие связи между гравитационным влиянием экзопланет и циклом активности звезды, хозяина экзопланеты, найдено в любом из рассмотренных случаев. Более того, есть основания полагать, что сильное гравитационное влияние может полностью устранить циклические вариации звездной активности.

М.М. Кацовой (совместно с Д.Д. Соколовым, физфак МГУ, В.Н. Обридко, ИЗМИРАН, А.Ю. Серенковой, физфак МГУ, Е.В. Юшковым, физфак МГУ) рассмотрена связь природы магнитных циклов активности звёзд с экзопланетами. Показано, что Солнце представляет собой единственный известный пример звезды с длительностью цикла магнитной активности, близкой к периоду обращения планеты. Однако мы подчеркиваем, что планетарный эффект может играть роль в определении формы цикла активности. В качестве нового результата мы представляем здесь модель, в которой слабый планетарный эффект превращает слегка докритическое звёздное динамо в сверхкритическое.

В.С. Козыревой, А.И. Богомазовым опубликованы кривые блеска затменной двойной AS Cam, которые использовались для изучения скорости движения линии апсид и светового уравнения. Эти кривые имеют большое значение, так как скорость движения линии апсид системы, оцененная из наблюдений, оказалась очень низкой по сравнению с теоретическими оценками. Кривые после опубликования могут быть использованы для проведения независимых оценок параметров системы.

В.С. Козыревой, А.И. Богомазовым совместно с А. В. Кусакиным и Ч. Т. Омаровым (АФИ им. В. Г. Фесенкова) и А. В. Крыловым (ГАИШ МГУ) были получены кривые блеска затменной двойной системы V957 Ser в 2009, 2011, 2013, 2016, 2019 гг. на Крымской станции МГУ и на Тянь-Шаньской обсерватории АФИ имени В. Г. Фесенкова. С использованием наблюдений спутника TESS были найдены вариации блеска V957 Ser с перио-

дом 0.664 сут и амплитудой 0.0076 mag. Для кривых блеска за 2009–2019 гг. и кривых блеска TESS (2019–2020) были рассчитаны орбитальные элементы и новое значение скорости движения линии апсид 1.47 град/год. Найдено указание на существование в системе светового уравнения, которое может указывать на гравитационное воздействие одного или нескольких дополнительных тел в системе. Амплитуда и период этого уравнения в рамках существующих наблюдательных данных пока не могут быть надежно установлены.

Б.А. Низамовым и М.М. Кацовой (совместно с А.А. Шляпниковым, КраО, и Т.М. Ситновой, ИНАСАН) начат анализ наблюдений звёздных корон на рентгеновском телескопе eROSITA, проведённых в калибровочной стадии миссии «Спектр-РГ». Всего было найдено 10 звёзд, рентгеновское излучение которых потенциально могло бы быть зарегистрировано телескопом. Обработаны данные по звезде RX J2143.7+0707. Из всех десяти звёзд эта имеет наибольшую яркость и наибольшее время экспозиции (55 кс), что превышает период ее осевого вращения (14 ч). Таким образом, полученная кривая блеска отражает переменность звезды за время одного оборота вокруг оси. Спектр звезды в диапазоне 0.2–3 кэВ был аппроксимирован моделью теплового излучения двухкомпонентной плазмы. Эти компоненты имеют температуру 5.5 и 10.8 МК и меру эмиссии соответственно $2.0E52$ и $5.2E52 \text{ см}^{-3}$. Удалось также измерить обилия ряда элементов, они демонстрируют так называемый обратный FIP-эффект, т. е. обилия элементов с низким первым потенциалом ионизации понижены в короне относительно обилия элементов с высоким первым потенциалом ионизации. В кривой блеска видна существенная переменность: на одном из участков поток увеличивается примерно в полтора раза, а спектр на этом участке лучше аппроксимируется моделью с тремя компонентами, причём третья, горячая компонента может говорить об эпизоде вспышечного энерговыделения.

М.М. Кацова и Б.А. Низамов совместно с А.А.Шляпниковым, КраО продолжили изучение активности близнецов Солнца разного возраста и сравнили их с современным Солнцем. По имеющимся внеатмосферным архивным данным обнаружен разброс отношения рентгеновских и коротковолновых светимостей к болометрической светимости в несколько порядков, наряду со значительным разбросом содержания Li у этих звёзд. Это указывает на связь поверхностной активности с процессами в основании конвективной зоны. По данным TESS оценены периоды осевого вращения нескольких звёзд (около 6 дней): оказалось, что эти звезды вращаются почти в 4 раза быстрее современного Солнца; это свидетельствует об их относительной молодости. Данные TESS позволили проанализировать вспышечную активность нескольких близнецов Солнца; нами обнаружены различные типы вспышек, приведены временные профили некоторых из них. Энергия самой большой вспышки продолжительностью более 4 часов достигает $8E33$ эрг. Обсуждены данные о магнитных полях и экзопланетах, вращающиеся вокруг этих звёзд.

Б.А. Низамовым совместно с И.В. Зимовцом и др. (ИКИ РАН) продолжена работа по изучению предвестников солнечных вспышек. В частности, мы изучили ряд событий, где перед солнечной вспышкой наблюдались квазипериодические пульсации в мягком рентгене, и в литературе высказывалось предположение, что такие предвспышечные пульсации типичны для мощных вспышек. Мы показали, что это не так: во многих таких событиях отдельные пульсации происходят в разных магнитных петлях (и тогда их физическая

связь неочевидна) либо даже в разных активных областях, т. е. наверняка физически не связаны. В некоторых событиях квазипериодические пульсации действительно могут иметь в основе некий физический механизм, но на данный момент трудно утверждать, какой именно. В любом случае, подобные пульсации нельзя считать надёжным предвестником мощных вспышек.

А.И. Халиуллиной проведен анализ изменений орбитального периода затменно-двойной системы W Del. Показано, что изменения периода с почти одинаковой точностью можно представить либо суперпозицией двух циклических изменений, либо суперпозицией векового увеличения периода и двух циклических изменений. Вероятнее всего, циклические изменения орбитального периода W Del в обоих случаях являются следствием магнитной активности вторичного компонента. Вековое увеличение периода, которое получается в случае квадратичного представления, можно объяснить обменом веществом между компонентами.

А.И. Халиуллиной изучены изменения орбитального периода в затменно-двойных системах TT Del, EU Hya и SV Tau. Показано, что изменения периодов этих систем можно представить в виде только циклических колебаний без векового изменения. Циклические изменения периодов EU Hya и SV Tau можно объяснить световым уравнением вследствие присутствия третьего тела в системе. Период движения в долгопериодической орбите составляет 22.7 года в EU Hya и 107.5 года в SV Tau. Минимальные массы дополнительных тел в этих системах равны соответственно 0.26 Ms и 0.38 Ms. В TT Del наблюдается суперпозиция двух циклических изменений орбитального периода с периодами 21.1 и 54.5 года. Изменения периода TT Del можно объяснить как световым уравнением, так и магнитными циклами.

Т.С. Хрузиной, И.Б. Волошиной совместно с В.Г. Метловым (ГАИШ, Крымская лаборатория) выполнен анализ высокоскоростных наблюдений карликовой новой SS Cyg в разных стадиях ее активности в период с июня 2019 г. по октябрь 2021 гг. (временное разрешение между соседними точками от 6 до 14 с в зависимости от используемой аппаратуры). База данных включала около 8650 измерений в фильтре R и порядка 49 600 отсчетов в фильтре V. Эта обширная база новых наблюдательных данных позволила провести не только качественный, но и количественный анализ наблюдений, и сделать выводы относительно поведения аккреционных структур в различные этапы вспышечного цикла системы. Уточнено значение орбитального периода SS Cyg в 2019–2021 гг., $P_{orb} = 0.27408(2)$, что на 0.4% меньше периода, полученного в результате анализа длительных фотометрических наблюдений системы в спокойном состоянии, выполненных 1983–1996 гг.,. Амплитуда средней орбитальной кривой блеска сохранилась на уровне порядка 0.2 m в обоих фильтрах. Анализ данных после учета орбитальной переменности и других трендов, связанных с изменением параметров системы за ночь, показало присутствие циклических колебаний блеска, обычно до 4–10 за орбитальный цикл (мерцания блеска или фликкеринг). Методом Лафлера–Кинмана для большинства сетов удалось подобрать значение периода колебаний, при котором свертка наблюдений показывала отчетливую одиночную волну за орбитальный период. Полученные значения периода мерцаний и их амплитуды показали их очевидную зависимость от среднего уровня блеска системы: с ростом свети-

мости обе эти величины линейно уменьшались. Чисто геометрические соображения показывают, что источник мерцаний расположен в области взаимодействия газового потока с околосистемным гало: только эта область в данной системе SS Cyg с определёнными параметрами (q, i, R_d) может затмеваться при больших радиусах диска, и хорошо видна во всех остальных орбитальных фазах системы. Для уточнения причины и расположения источника мерцаний требуются как продолжительные высокоскоростные наблюдения катаклизмических переменных с другим набором параметров (q, i, R_d), а также дополнительные газодинамические исследования.

А.М. Черепашук, А.В. Додин, К.А. Постнов, А.А. Белинский, Н.П. Иконникова, Т.Р. Ир-смамбетова, С.А. Трушкин (САО РАН) опубликовали результаты оптического мониторинга микроквара SS 433 за 2017–21 годы. Исследованы вековые изменения параметров орбитальной и прецессионной переменности системы. Открыто вековое удлинение орбитального периода SS 433, обнаружены сбои в фазах прецессионного периода, которые коррелируют с изменениями параметров радиоизлучения от этого объекта.

С.Ю. Шугаров совместно с сотрудниками САО РАН выполнили новые наблюдения сверхяркой сверхновой SN2017egm в NGC 3191, сверхновой SN 2018zd, а также объекта AT2018cow. UBVR_i-фотометрия проводилась на 7 телескопах в 5 обсерваториях, в том числе на 2,5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ. Кривые блеска и цвета SN2017egm сравнены с несколькими хорошо изученными объектами подобного типа. На кривых блеска SN2017egm видны определенные волнообразные изменения: плечо в фазе 114 дней после максимума и плато, длящееся в интервале фаз 155–235 дней. Определены основные параметры кривых блеска SN2017egm и AT2018cow: даты и величины максимума блеска, скорости спада на разных стадиях эволюции в разных полосах. Для Сверхновой SN 2018zd были определены даты и величины максимумов блеска и их параметры. Фотометрические характеристики SN 2018zd позволяют классифицировать ее как переходный тип между SNe II-P и SNe II-L. Особенности SN 2018zd являются достаточно яркая максимальная светимость $M(V) = -18.0$ в сочетании с низкой скоростью расширения, большой интервал между максимумом блеска и началом экспоненциального хвоста, медленное покраснение цветов (U–B), (B–V) после максимума блеска.

С.Ю. Шугаровым представлены результаты нового этапа многолетнего фотометрического исследования FG Sge — быстро эволюционирующего ядра планетарной туманности Неп 1-5. Новые наблюдения в оптической (B, V, Rc, Ic) и инфракрасной (ИК) (JHKLM) областях в 2008–2021 гг. и 2013–2021 гг. соответственно, выполненные на телескопах ГАИШ МГУ, позволили проследить изменение блеска звезды в последние годы. Наиболее значимыми оказались наблюдения в 2019 г., когда звезда испытала на короткий срок просветление пылевой оболочки и оказалась доступной для наблюдений в полосах BVR_c. По распределению энергии в спектре FG Sge в ярком состоянии блеска в диапазоне 0.4–5 мкм получены параметры пылевой оболочки: размер пылевых частиц $a = 0.01$ мкм, температура пыли на внутреннем крае $T(\text{dust}) = 900$ К, оптическая толщина 0.5 (K) и 4.5 (V), масса пыли в оболочке $M(\text{dust}) = 7E(-5)M_{\odot}$. После кратковременного просветления пылевой оболочки в 2019 г. произошел выброс еще одной пылевой структуры, который привел к ослаблению блеска FG Sge во всем наблюдаемом нами диапазоне длин волн. По кривым

блеска и показателям цвета в ИК-диапазоне получена оценка роста оптической толщи пылевой оболочки в 2019–2020 гг.

С.Ю. Шугаровым совместно с сотрудниками ГАО РАН и КрАО изучено 5 звезд типа Т Тау – членов молодого скопления IC 348. Анализ переменности базировался на основе их 17-летнего фотометрического мониторинга в полосах VRI. Звезды демонстрируют переменность типа UX Ori, вызванную изменениями околос звездного поглощения. Три из них (V712 Per, V716 Per и V909 Per) относятся к классическим звездам типа Т Тельца (CTTS), а две других (V695 Per, V715 Per) – к звездам типа Т Тельца со слабыми линиями (WTTS). Их кривые блеска демонстрируют большое разнообразие. Три объекта имеют комбинацию двух разных типов активности: стохастической переменности типа UX Ori и периодических изменений блеска, подобных тем, которые наблюдаются у звезд AA Tau. Две звезды демонстрируют только стохастические вариации блеска, обусловленные флуктуациями околос звездного поглощения в разные характерные моменты времени.

С.Ю. Шугаровым проанализированы результаты многоцветной (UBVRcIcJHK) фотометрии и спектроскопии низкого разрешения малоизученного Post-AGB-кандидата IRAS 02143+5852. Обнаружена цефеидоподобная переменность блеска с периодом пульсации около 24.8^d и полной амплитудой 0.9^m в полосе V. Спектральный класс варьируется от F3I в максимуме до F8I в минимуме блеска. На восходящей ветви кривой блеска появляется сильная эмиссионная линия H α . В отличие от типичных переменных W Vir, IRAS 02143+5852 имеет значительный избыток инфракрасного излучения, связанный с наличием вокруг звезды плотной пылевой оболочки. Построена модель пылевой оболочки, получены её параметры.

Участие в конференциях

Антохин И.И., Черепашук А.М., Антохина Э.А., Татарников А.М. «Инфракрасная и рентгеновская переменность Суг X-3: компактный ИК источник и сложные структуры в ветре», *Ломоносовские чтения - 2022* (ГАИШ МГУ) (**Устный**).

Кацова М.М., Обридко В.Н., Соколов Д.Д., Лившиц И.М. «Solar and Stellar Flares: Frequency, Active Regions, and Stellar Dynamo», *Солнечная и солнечно-земная физика 2022*, Пулково, Россия, 3–7 октября 2022 (**Устный**).

Кацова М.М., Обридко В.Н., Соколов Д.Д. «Solar and stellar activity cycles — no synchronization with exoplanets», *Солнечная и солнечно-земная физика 2022*, Пулково, Россия, 3–7 октября 2022 (**Устный**).

Mishenina T., Soubiran C., Charbonnel C., Lagarde N., Borisov S., **Katsova M.M., Nizamov B.A.**, «Lithium Abundance Scatter in Solar Twins», *The 21th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun (CS21)*, Тулуза, Франция, 4–9 июля 2022 (**Стеновый**).

Соколов Д.Д., **Кацова М.М., Обридко В.Н.** «Stellar activity cycle and exoplanets», *Space Sciences and Technologies*, Бюракан, Армения, 19–23 сентября 2022 (**Приглашенный**).

Katsova M.M., Nizamov B.A., Shlyapnikov A.A. «Activity of solar twins», *The 14th Workshop Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere*, 6–10 June 2022, Проморско, Болгария, 6–10 июня 2022 (**Устный**).

Obridko V.N., **Katsova M.M.**, Sokoloff D.D., Shelting B.D., **Livshits I.M.**, «Clarifying physical properties of magnetic fields in sunspots», *Solar influence on the magnetosphere, ionosphere and atmosphere*, Проморско, Болгария, 6–10 июня 2022 (**Устный**).

Кацова М.М., Обридко В.Н., Соколов Д.Д., **Лившиц И.М.** «Солнечные и звёздные вспышки: частота появления, свойства активных областей и эффективность звёздного динамо», *Физика плазмы в солнечной системе – 2022*, ИКИ РАН, Россия, 7–11 февраля 2022 (**Устный**).

Зимовец И.В., Нечаева А.Б., Шарыкин И.Н., **Низамов Б.А.**, «Об источниках длинно-периодных рентгеновских пульсаций перед началом солнечных вспышек», *Физика плазмы в солнечной системе – 2022*, ИКИ РАН, Россия, 7–11 февраля 2022 (**Устный**).

Зимовец И.В., Шарыкин И.Н., **Низамов Б.А.**, «Квазипериодическое энерговыделение в предвспышечной фазе», *Всероссийская конференция «Магнетизм и активность Солнца – 2022»*, Крымская астрофизическая обсерватория, Россия, 23–26 августа 2022 (**Устный**).

Купряков Ю.А., **Бычков К.В.**, Белова О.М., Горшков А.Б., Kotrc P., «Анализ и расчет модели эруптивного протуберанца», XXVI всероссийская ежегодная конференция *Солнечная и солнечно-земная физика 2022*, Пулково, Россия, 3–7 октября 2022 (**Устный**).

Купряков Ю.А., **Бычков К.В.**, Белова О.М., Горшков А.Б., Kotrc P., «Наблюдение солнечной вспышки SOL 2015-10-01 и определение интегральных потоков излучения в спектральных линиях», *Всероссийская конференция «Магнетизм и активность Солнца – 2022»*, Крымская астрофизическая обсерватория, Россия, 23–26 августа 2022 (**Устный**).

Бычков К.В., Купряков Ю.А., Белова О.М., «Теоретическое восстановление параметров хромосферного газа на примере вспышки SOL 2015-10-01», *Всероссийская конференция «Магнетизм и активность Солнца – 2022»*, Крымская астрофизическая обсерватория, Россия, 23–26 августа 2022 (**Устный**).

Voloshina I., Khruzina T., Metlov V., «Search for the short-period variability in SS Cyg system based on new data», *22nd European Workshop on White Dwarfs*, Тюбинген, Германия, 15–19 августа 2022 (**Стеновый**).

Laurent P., **Titarchuk L., Seifina E.**, «Electron-positron pair creation close to Black Hole horizons mimic reflection bumps: Monte Carlo simulations, analytical results and data analysis», *44th COSPAR Scientific Assembly - COSPAR 2022*, Athens, Greece, 16–24 July 2022 (**Устный**).

Черепашук А.М. «Параметры SS433 по наблюдениям на телескопах ГАИШ. Перспективы КГО ГАИШ», Международная конференция «Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра», ИКИ РАН, Москва, Россия, 21–24 декабря 2021 г. (**Устный**).

Черепашук А.М., «Воспоминания заместителя председателя Научного совета по астрономии РАН», *Всероссийская конференция «Вселенная: от большого взрыва до наших дней» (посвящена 90-летию академика Н.С. Кардашева)*, АКЦ ФИАН, Москва, Россия, 25–26 апреля 2022 г. (**Устный**).

Черепашук А.М., Засов А.В., «О подготовке учителей средних школ по специальности Физика и астрономия в вузах РФ», XII Пленум ФУМО по УГСН «Физика и астрономия», МФТИ, г.Долгопрудный, Россия, 23–28 мая 2022 г. (**Устный**).

Черепашук А.М., «Многоканальная астрономия», 2-я *Всероссийская викторина юных физиков отделения физических наук РАН*, Москва, Ленинский проспект, 14, зал заседания Президиума РАН, 22 апреля 2022 г. (**Лекция**).

Черепашук А.М., «60 лет рентгеновской астрономии: прорыв в исследованиях релятивистских объектов», Московский планетарий, Москва, 25 ноября 2022 г. (**Публичная лекция**).

Барсунова О.Ю., Гринин В.П., Сергеев С.Г., **Шугаров С.Ю.**, Ефимова Н.В., Назаров С.В., «Переменные типа UX Ori в скоплении IC 348: результаты многолетнего фотометрического мониторинга», *Всероссийская Конференция «Нестационарные процессы в протопланетных дисках и их наблюдательные проявления*», Крымская астрофизическая обсерватория, Россия, 12–17 сентября 2022 (**Устный**).

Педагогическая деятельность

К.В. Бычков читает курсы лекций:

1. **Физическая астрономия. Механика**, МГУ имени М.В. Ломоносова, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, **6 сентября 2022 – 20 декабря 2022 г.**, факультативная, лекции, 36 часов, осенний семестр 1-го первого курса.
2. **Физическая астрономия. Атомы**, МГУ имени М.В. Ломоносова, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, **10 февраля 2022 – 12 мая 2022 г.** факультативная, лекции, 34 часов – весенний семестр 2-го курса.
3. **Излучение космического газа**, МГУ имени М.В. Ломоносова, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, **9 сентября 2022 – 9 декабря 2022 г.**, факультативная, лекции, 36 часов – осенний семестр 3-го курса.

К.В. Бычков руководит аспирантом Виктором Милютиним (1-й год).

Е.В. Сейфина читает курсы лекций:

1. **Рентгеновская астрономия: теория и наблюдения**, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, весенний семестр 2022 г., 32-часовой спецкурс для студентов-астрономов 4-5 курсов и магистрантов.
2. **Рентгеновская астрофизика: гипотезы и открытия**, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, в рамках Межфакультетских учебных курсов МГУ, осенний семестр 2022/2023 уч. года.
3. **Космические тайны рентгеновского неба**, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, в рамках Межфакультетских учебных курсов МГУ, весенний семестр 2021/2022 уч. года.

Е.В. Сейфина – автор 5 учебных курсов.

А.М. Черепашук читает курсы лекций:

Тесные двойные системы, МГУ имени М.В. Ломоносова, Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, осенний семестровый спецкурс (32 часа) для студентов и магистров.

А.М. Черепашук руководит двумя аспирантами:

1. Шапошников Иван Андреевич – 1-й год.
2. Бекесов Егор Владимирович – 2-й год.

Членство в научных обществах

И.И. Антохин, Э.А. Антохина, Н.Г. Бочкарёв, М.М. Кацова, Б.А. Низамов, Е.В. Сейфина, А.М. Черепашук – Международный астрономический союз (МАС) (International Astronomical Union (IAU)), Франция.

Участие в работе оргкомитетов

А.М. Черепашук:

1. Член программного комитета «Успехи российской астрофизики 2022: Теория и Эксперимент», МГУ, Москва, Россия, 16 декабря 2022.
2. Член программного комитета «Bursting Universe by Robots Eyes 2022. Multichannel search of high energy astrophysics sources», МГУ, Москва, Россия, 15-20 августа 2022.

М. М. Кацова – член программного комитета XXV всероссийской ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2022», ГАО РАН, Пулковое, Санкт-Петербург, Россия, 3–7 октября 2022.

Участие в редколлегии журналов

А.М. Черепашук член редколлегии:

1. Успехи физических наук

2. Астрофизика (Армения)
3. Природа
4. Astrophysics and Space Science
5. Земля и вселенная
6. Астрономический журнал

М.М. Кацова:

1. Астрономический журнал, рецензент с **1 октября 2022**
2. Geomagnetism and Aeronomy, рецензент с 18 марта 2022.
3. Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика, рецензент с 10 марта 2022.

Библиография
к Отчету по теме НИР «Физика тесных двойных звёздных систем»
2022 г.

Монографии

1. **Черепашук А.М.** (редактор-составитель), *Многоканальная астрономия*, 2-е издание, дополненное (М.: Изд.-во ДМК, 2022), 541 стр. Там же глава А.М. Черепашука «Черные дыры», с. 451–488.
2. **Черепашук А.М., Чернин А.Д., Вселенная, жизнь, черные дыры**, 2-е издание, дополненное (М.: Изд.-во ДМК, 2022), 318 стр. (Научно-популярная).

Статьи в журналах

1. **Абубекеров М.К., Гостев Н.Ю.**, «Влияние пятен на поверхности звезды на определение параметров двойной системы с экзопланетой», **Астрон. журн.** **99**(10), 7 стр. (2022).
2. **Antokhin I.I., Cherepashchuk A.M., Antokhina E.A., Tatarnikov A.M.**, «Near IR and X-ray Variability of Cyg X-3: Evidence for a Compact IR Source and Complex Wind Structures», **Astrophys. J.** **926**(2), id. 123, 21pp. (2022).
3. Архипова В.П., Иконникова Н.П., Шенаврин В.И., Бурлак М.А., Татарников А.М., Цветков Д.Ю., Белинский А.А., Павлюк Н.Н., **Шугаров С.Ю.**, «FG Sge: новая многоцветная фотометрия и кратковременное просветление пылевой оболочки в 2019 году», **Письма в Астрон. журн.** **48**(6), 430–444 (2022). Перевод: **Astronomy Letters** **48**(6), 329–344 (2022).
4. Barsunova O.Yu, Grinin V.P., Sergeev S.G., **Shugarov S.Yu.**, Efimova N.V., Nazarov S.V., «UX Ori Type Stars in the Cluster IC 348: Results of Long-Term Photometric Monitoring», **Astrophysics** **65**(3), 368–383 (2022).
5. **Bogomazov A.I., Cherepashchuk A.M., Khruzina T.S., Tutukov A.V.**, «Population synthesis of AX J1745.6–2901 X-ray nova-type binaries with rapidly decreasing orbital periods», **Monthly Not. Roy. Astron. Soc.** **514**(4), 5375–5384 (2022).
6. Bondar' N.I., **Katsova M.M.**, «Cyclic Variability in Brightness of the Young Solar Analog BE Cet», **Geomagnetism and Aeronomy** **62**(7), 919-923 (2022).
7. **Дмитриенко Е.С., Саванов И.С.**, «Активность аналогов Trappist-1», **Письма в Астрон. журн.** **48**(11), 6 стр. (2022).
8. Зимовец И.В., Нечаева А.Б., Шарыкин И.Н., **Низамов Б.А.** «Источники длиннопериодных рентгеновских пульсаций перед началом солнечных вспышек», **Геоматизм и аэрномия** **62**(4), 436–455 (2022).

9. **Katsova M.M., Nizamov B.A.,** Shlyapnikov A.A. «Activity of Selected Solar Twins», **Geomagnetism and Aeronomy** **62**(7), 903–910 (2022).
10. **Katsova M.M.,** Obridko V.N., Sokoloff D.D., **Livshits I.M.** «Solar and stellar flares: frequency, active regions and stellar dynamo», **Astrophys. J.** **936**(9), id. 49, 9pp (2022).
11. Kolbin A.I., Borisov N.V., Serebriakova N.A., Shimansky V.V., **Katysheva N.A.,** Gabdeev M.M., **Shugarov S.Yu.**, «On accretion in the eclipsing polar BS Tri», **Monthly Not. Roy. Astron. Soc.** **511**(1), 20–30 (2022).
12. **Kozyreva V. S.,** Kusakin A. V., **Bogomazov A.I.,** Omarov C., Krylov A., «Photometric Elements, Apsidal Motion, Brightness Variations, and Light-time Effect in the Eclipsing Binary System V957 Cephei», **Variable Stars** **42**(4), 17–27 (2022).
13. **Kozyreva V. S.,** Kusakin A. V., **Bogomazov A. I.,** «A Set of Light Curves for the Eclipsing Binary AS Camelopardalis», **Variable Stars** **42**(10), 60–86 (2022).
14. Kupryakov Y. A., **Bychkov K. V., Belova O. M.,** Gorshkov A. B., Heinzel P., Kotrč P., «Analysis and modeling of the dynamics of the glow of calcium and hydrogen lines in solar and stellar flares», **Open Astronomy** **30**(1), 91–95 (2021) (в отчет 2021 г. не вошла).
15. Lenoir-Craig G., **Antokhin I.I, Antokhina E.A.,** St-Louis N., Moffat A.F.J., «On the nature of the single eclipse per 80d orbit of the H-rich luminous WN star WR22», **Monthly Not. Roy. Astron. Soc.** **510**(1), 246–259 (2022).
16. Obridko V.N., **Katsova M.M.,** Sokoloff D.D., Shelting B.D., **Livshits I.M.,** «Clarifying Physical Properties of Magnetic Fields in Sunspots», **Solar Physics** **297**(10), id.131, 11pp. (2022).
17. Obridko V.N., **Katsova M.M.,** Sokoloff D.D., «Solar and stellar activity cycles - no synchronization with exoplanets», **Monthly Not. Roy. Astron. Soc.** **516**(1), 1251–1255 (2022).
18. Саванов И.С., **Дмитриенко Е.С.,** Дзян С., Ванг Х., Сачков М.Е., Шугаров А.С., Пузин В.Б., «КIC 2142183 – кандидат в звезды типа FK Com», **Астрон. журн.** **99**(12), 1236–1244 (2022).
19. Саванов И.С., **Дмитриенко Е.С.,** «КIC 5428626 — НОВЫЙ КАНДИДАТ В ЗВЕЗДЫ ТИПА FK COM», **Астрофиз. Бюлл.** **77**(2), 169–176 (2022). Перевод: **Astrophys. Bull.** **77**(2), 150–155 (2022).
20. Santosh J., Trust O., Semenko E., Williams P.E., Lampens P., De Cat P., Vermeulen L., Holdsworth D.L., García R.A., Mathur S., Santos A.R.G, Mkrtichian D., Goswami

- A., Cuntz M., Yadav A.P., Sarkar M., Bhatt B.C., Kahraman Aliçavuş F., Nhlapo M.D., Lund M.N., Goswami P.P., Savanov I., Jorissen A., Jurua E., Avvakumova E., **Dmitrienko E.S.**, Chakradhari N.K., Das M.K., Chowdhury S., Abedigamba O.P., Yakunin I., Letarte B., Karinkuzhi D., «Study of Chemically Peculiar Stars-I: High-resolution Spectroscopy and K2 Photometry of Am Stars in the Region of M44», **Monthly Not. Roy. Astron. Soc.** **510**(4), 5854–5871 (2022).
21. Саванов И.С., Карпов С.В., Бескин Г.М., Бирюков А.В., Бондарь С.Ф., Иванов Е.А., Каткова Е.В., Ляпсина Н.В., Перков А.В., Сасюк В.В., Нароенков С.А., Наливкин М.А., Пузин В.Б., **Дмитриенко Е.С.**, «Активность ET Dra – звезды типа FK Com», **Астрофиз. Бюлл.** **77**(4), 469–478 (2022). Перевод: **Astrophys. Bull.** **77**(4), 422–430 (2022).
22. Саванов И.С., Нароенков С.А., Наливкин М.А., Дерри С.Т., **Дмитриенко Е.С.**, «Фотометрические наблюдения LO Peg в 2021 году», **Астрон. циркуляр** № 1650, 1–4 (2022).
23. **Titarchuk L., Seifina E.**, «MAXI J1348-630: Estimating the black hole mass and binary inclination using a scaling technique», **Astron. and Astrophys.**, in press, astro-ph/2211.06271 (2022).
24. **Халиуллина А.И.**, «Изменение орбитального периода затменно-двойной системы W Del», **Астрон. журн.** **99**(5), 417–427 (2022). Перевод: **Astron. Rep.** **66**(5), 419–428 (2022).
25. **Халиуллина А.И.**, «Световое уравнение в изменениях орбитального периода затменно-двойных систем TT Del, EU Hya и SV Tau», **Астрон. журн.** **99**(7), 547–557 (2022). Перевод: **Astron. Rep.** **66**(7), 535–544 (2022).
26. Цветков Д.Ю., Горанский В.П., Барсукова Е.А., Валеев А.Ф., Волков И.М., Павлюк Н.Н., **Шугаров С.Ю.**, Шатский Н.И., Возякова О.В., Ечеистов В.А., «Наблюдения сверхновой SN 2018zd», **Астрофиз. Бюлл.** **77**(4), 383–391 (2022). Перевод: **Astrophys. Bull.** **77**(4), 407–414 (2022).
27. **Черепашук А.М., Хрузина Т.С., Богомазов А.И.**, «Параметры рентгеновской двойной системы Sco X-1 в модели неполного заполнения оптической звездой своей полости Роша», **Астрон. журн.** **99**(4), 342–352 (2022). Перевод: **Astron. Rep.** **66**(4), 348–358 (2022).
28. **Черепашук А.М.**, Додин А.В., Постнов К.А., Белинский А.А., Бурлак М.А., Иконникова Н.П., Ирсамбетова Т.Р., Трушкин С.А., «Оптический мониторинг SS 433 в 2017–2021 годах», **Астрон. журн.** **99**(6), 454–469 (2022). Перевод: **Astron. Rep.** **66**(6), 451–465 (2022).
29. Tsvetkov D.Yu., Volkov I.M., **Shugarov S.Yu.**, Metlov V.G., Pavlyuk N.N., Vozyakova O.V., Shatsky N.I., «Photometric observations of SN 2017egm and peculiar

transient AT 2018cow”, **Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso** 52(1), 46–63 (2022).

Статьи в сборниках

1. **Antokhina E., Antokhin I.,** Lenoir-Craig G., St-Louis N., Moffat A., «Light-curve modelling in a Roche plus stellar wind model: the massive binary WR22», in *Astronomy at the epoch of multimessenger studies*. Proc. of the VAK-2021 conference, Aug 23–28, 2021 (M.: Janus-K), 122–124 (2022).
2. **Cherepashchuk A.M., Khruzina T.S., Bogomazov A.I.,** «Parameters of Sco X-1», in *Astronomy at the epoch of multimessenger studies*. Proc. of the VAK-2021 conference, Aug 23–28, 2021 (M.: Janus-K), 134–146 (2022).
3. **Cherepashchuk A.M., Dodin A.V., Postnov K.A., Belinski A.A., Burlak M.A., Ikonnikova N.P., Irmambetova T.R.,** «Parameters of the microquasar SS 433 based on the observations in SAI MSU», in *Astronomy at the epoch of multimessenger studies*. Proc. of the VAK-2021 conference, Aug 23–28, 2021 (M.: Janus-K), 132–133 (2022).
4. Kupryakov Yu A., **Bychkov K.V., Belova O.M.,** Gorshkov A.B., Heinzl P., Kotrč P., «Observation of solar flare intensity curves and comparing them with stellar flares», in *Astronomy at the epoch of multimessenger studies*. Proc. of the VAK-2021 conference, Aug 23–28, 2021 (M.: Janus-K), 314–316 (2022).
5. Ikonnikova N., Burlak M., **Shugarov S.,** Belinskii A., Fedotova A., Tatarnikov A., Dodin A., Potanin S., Atapin K., Zheltoukhov S., «IRAS 02143+5852: W Vir Cepheid with a dust shell», в сборнике «ASTRONOMY AT THE EPOCH OF MULTIMESSENGER STUDIES», in *Astronomy at the epoch of multimessenger studies*. Proc. of the VAK-2021 conference, Aug 23–28, 2021 (M.: Janus-K), 145–147 (2022).
6. Kupryakov Yu A., **Bychkov K.V., Belova O.M.,** Gorshkov A.B., Kotrč P. «Analysis and Calculation of an Eruptive Prominence Model», в сб. *XXVI Всероссийская ежегодная конференция «Солнечная и солнечно-земная физика–2022»*, Санкт-Петербург, 3–7 октября 2022, сер. Тр. XXIV Всероссийской ежегодной конференции (Санкт-Петербург: из-во ГАО РАН), 185–188 (2022).
7. Зимовец И.В., Шарыкин И.Н., Кальтман Т.И., Ступишин А.Г., **Низамов Б.А.,** «Предвспышечные пульсации с источниками вне активной области основной вспышки», в сб. *XXVI Всероссийская ежегодная конференция «Солнечная и солнечно-земная физика–2022»*, Санкт-Петербург, 3–7 октября 2022, сер. Тр. XXIV Всероссийской ежегодной конференции (Санкт-Петербург: из-во ГАО РАН, 2022), 119–122 (2022).

8. Соколов Д.Д., **Кацова М.М.**, Обридко В.Н., Серенкова А.Ю., Юшков Е.В., «Экзопланеты и природа магнитных циклов активности звезд», в сб. *XXVI Всероссийская ежегодная конференция «Солнечная и солнечно-земная физика–2022»*, Санкт-Петербург, 3–7 октября 2022, сер. Тр. XXIV Всероссийской ежегодной конференции (Санкт-Петербург: из-во ГАО РАН), 245–246 (2022).
9. Кузнецова И.В., Менцин Ю.Л., **Черепашук А.М.**, «Дмитрий Яковлевич Мартынов – ученый, педагог, руководитель», в сб.: **Историко-астрономические исследования** **41**, 159–186, (2022).

Тезисы докладов

1. Karitskaya E., **Bochkarev N.** «Features of the Flow of Matter in the X-Ray Binary Her X-1», in *Astronomy at the epoch of multimessenger studies*. Proc. of the VAK-2021 conference, Aug 23–28, 2021 (M.: Janus-K, 2022). Book of Abstracts, edited by A.M. Cherepashchuk et al., 152–155 (2022).
2. **Voloshina I., Khruzina T.,** Metlov V., «Search for the short-period variability in SS Cyg system based on new data», in. *22nd European Workshop on White Dwarfs*, August 15–19, 2022, Tübingen, Germany. Book of Abstracts (Eberhard Karls Universität Tübingen, Deutsche Forschungsgemeinschaft Tübingen, Germany), **1**, 170 (2022).
3. Laurent P., **Titarchuk L., Seifina E.**, «Electron-positron pair creation close to Black Hole horizons mimic reflection bumps: Monte Carlo simulations, analytical results and data analysis», in *44th COSPAR Scientific Assembly*, held 16–24 July, 2022, Athens, Greece. Online at <https://www.cosparathens2022.org/>. Abstract E1.4-0008-22 (2022).
4. **Katsova M., Nizamov B.,** Shlyapnikov A., «Activity of Solar Twins», in *Solar Influence on the Magnetosphere and Atmosphere*. Ser. 14th Workshop (Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences Bulgaria). Book of Abstracts, p.2 (2022).
5. **Katsova M., Nizamov B.,** Shlyapnikov A., Mishenina T. «Activity of Solar Twins», in *44th COSPAR Scientific Assembly* (COSPAR Athena). Abstracts, D1.2-0061-22 (2022).
6. Obridko V., Sokoloff D., **Livshits I.,** Shelting B., **Katsova M.**, «Clarifying physical properties of magnetic fields in sunspots», in *44th COSPAR Scientific Assembly* (COSPAR Athena). Abstracts, D1.2-0057-22 (2022).
7. Obridko V., Sokoloff D., **Livshits I., Katsova M.**, «Solar and stellar flares: occurrence frequency, properties of active regions and efficiency of stellar dynamo», in *44th COSPAR Scientific Assembly* (COSPAR Athena). Abstracts, D1.2-0062-22 (2022).

8. **Кацова М.М.**, Обридко В.Н., Соколов Д.Д., **Лившиц И.М.** «Solar and Stellar Flares: Frequency, Active Regions, and Stellar Dynamo», в сб. *Солнечная и солнечно-земная физика-2022* (Санкт-Петербург: Пулковская обсерватория), тезисы, с. 84 (2022).
9. **Кацова М.М.**, Обридко В.Н., Соколов Д.Д., «Solar and stellar activity cycles — no synchronization with exoplanets», в сб. *Солнечная и солнечно-земная физика-2022* (Санкт-Петербург: Пулковская обсерватория), тезисы, с. 49 (2022).
10. Obridko V.N., **Katsova M.M.**, Sokoloff D.D., Shelting B.D., **Livshits I.M.**, «Clarifying physical properties of magnetic fields in sunspots», in *Solar influence on the magnetosphere, ionosphere and atmosphere* (SCOSTEP Bulgaria), Abstracts, p. 6 (2022).
11. Sokoloff D., **Katsova M.**, Obridko V., «Stellar activity cycle and exoplanets Space Sciences and Technologies», in *Space Sciences and Technologies* (Byurakan Observatory), Abstracts, p. 11–12 (2022).
12. **Кацова М.М.**, Обридко В.Н., Соколов Д.Д., **Лившиц И.М.** «Солнечные и звёздные вспышки: частота появления, свойства активных областей и эффективность звёздного динамо», в сб. *Физика плазмы в солнечной системе*, сер. 17-я ежегодная конференция (М.: ИКИ РАН), тезисы, с. 52 (2022).