

## Отчёт по теме «Физика тесных двойных звёздных систем» за 2024 г.

Академик РАН – 1 Докт.ф.-м.н. – 5 (с учётом АМЧ) Канд.ф.-м.н. – 13

### Статистика публикаций в журналах

**Astronomy and Astrophysics – 2 / 2 (2023)**

**Monthly Notices of the Royal Astronomical Society – 2 / 3**

**The Astrophysical Journal – 1**

**Solar Physics – 1**

**Publications of the Astronomical Society of Japan – 1**

**Frontiers in Astronomy and Space Sciences – 1**

**World Journal of Physics – 1**

**Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso – 1**

**Астрономический журнал – 7 / 11**

**Письма в АЖ – 2**

**Astrophysics – 1**

**Геомагнетизм и Аэрономия – 1**

**Известия Крымской астрофиз. Обсерватории – 1**

**Переменные звёзды – 1**

**Вестник МГУ. Серия 3: Физика, астрономия – 1**

Общее количество журнальных публикаций – 24/ **28**, публикаций в Сборниках – 6 / **9**, тезисов докладов – 4 (см. файл с библиографией), научно-популярных – 2 статьи.

Представлено 24/20 докладов, в том числе: 9/5 приглашённых, 1 доклад на Ломоносовских чтениях, 10/ 12 устных, 4/4 стендовый, кроме того - 9 выступлений в СМИ и интернет-изданиях

### 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. 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 (отп)

к.ф.-м.н. ст.н.с. И. Б. Волошина,

к.ф.-м.н. н.с. В. С. Козырева,

к.ф.-м.н. 0.5 вед.инж. И. М. Лившиц,

## Важнейшие результаты 2024 г.

### **A.M. Cherepashchuk:**

1) На основе этих данных получены наиболее надежные, динамические оценки темпов радиальной потери массы. Построена эмпирическая зависимость темпа потери массы звездой WR от ее массы, что имеет значение для понимания эволюции звезд WR и формирования релятивистских объектов. Результаты опубликованы и суммированы в статье: I.A. Shaposhnikov, **A.M. Cherepashchuk**, A.V. Dodin, K.A. Postnov, 2024, Spectroscopic searches for evolutionary orbital period changes in WR+OB binaries: The case of WR 27 (Hen 3-1772), **Astronomy and Astrophysics**, v.683, L17-L22.

2) По ИК наблюдениям рентгеновской новой в спокойном состоянии, выполненным на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ, дана улучшенная оценка массы черной дыры в этой двойной системе. Показано, что масса этой черной дыры лежит на верхней границе известного "провала" (2-5)  $M_{\odot}$  в распределении масс релятивистских объектов в двойных системах. Результаты опубликованы в статье: **A.M. Cherepashchuk, T.S. Khruzina, K.E. Atapin**, 2024, I-band photometry of the quiescent black hole X-ray nova GROJ0422 + 32 = V518 Per: modelling of the orbital light curve and estimation of the black hole mass, **MNRAS** v.531, № 4, 4917-4928.

3) **Е.В. Сейфиной** (совместно с Л.Г. Титарчуком) впервые обнаружен эффект насыщения фотонного индекса в рентгеновском спектре объекта SDSS J075217.84+193542.2 во время его вспышки по данным спутника Swift. Сделан вывод о наличии двойной системы из черных дыр в центре SDSS J0752 на основе фундаментальных спектральных признаков черных дыр. Получена оценка массы вторичной черной дыры  $9 \cdot 10^7 M_{\odot}$  в двойном ядре этого объекта и дана оценка наклона SDSS J0752 ( $i=80^{\circ}$ ) на основе комбинирования метода масштабирования рентгеновских свойств источника с оценкой вириальной массы вторичной черной дыры основанной на измерениях линии  $Ha$ .

4) **Е.В. Сейфиной** (совместно с Л.Г. Титарчуком и Е.О. Мишиным) обнаружено фундаментальное рентгеновское различие между Сейфертовскими галактиками 1 и 2 типа по данным Swift, NuSTAR, XMM-Newton и Suzaku. Показано, что ключевым параметром их различия является величина отношения рентгеновской светимости к их Эддингтоновской светимости. Установлено, что такое отношение для галактик со сменой типа (напр., NGC 1566) лежит на границе между таковыми для галактик 1 и 2 типа.

## Основные результаты

**Абубекеров М.К. и Гостев Н.Ю.** с помощью высокоточного алгоритма интерпретации транзитных кривых блеска в модели затменной классической двойной системы звезда-экзопланета исследовали возможность определения параметров системы в отсутствие априорного знания об эксцентricности орбиты. Показано, что на основе лишь главного минимума транзитной кривой блеска невозможно определение точного значения эксцентricитета и долготы периастра. Также, при точности наблюдений порядка 1% от глубины затмения, неопределенность эксцентricитета и долготы периастра в совокупности вызывает значительную неопределенность в значениях радиусов компонент (ошибка в 2 – 3 раза относительно истинных значений) и угла наклона орбиты. Однако, с хорошей точностью определяется отношения радиусов компонент системы и коэффициенты потемнения к краю. При увеличении же точности наблюдений до 0.1% глубины затмения становится возможным определение радиусов компонент и угла наклона орбиты при интерпретации кривой блеска с учетом эксцентricности.

Даже высокоточная кривая блеска (со стандартным отклонением индивидуального значения блеска  $10^{-5}$  при отсутствии априорных данных об элементах орбиты) дает большую ошибку при определении радиусов планеты и звезды, чем при использовании предположения о круговой орбиты или априорной информации о долготе периастра и эксцентриситета.

Тем не менее, при высокой точности наблюдений  $10^{-5}$  по сравнению с точностью  $10^{-4}$  заметно увеличивается объем информации, которую можно получить при интерпретации транзитной кривой блеска по одному минимуму. Также отметим, что можно достоверно определить из транзитной кривой блеска, даже не располагая информацией о долготе периастра и эксцентриситета, отношения радиусов компонент двойной системы и значения коэффициентов потемнения к краю.

Даже для сверхвысокоточных транзитных кривых блеска, при их интерпретации по одному минимуму рекомендуется использовать дополнительную информацию об эксцентриситете и долготе периастра или каких-либо остальных геометрических параметрах. В том числе, может быть полезным, при наличии информации о малости эксцентриситета  $e < 0.1$  проводить интерпретацию в предположении круговой орбиты.

Алгоритм интерпретации кривой блеска, с минимизацией методом Левенберга-Маквардта доступен по ссылке <http://lnfm1.sai.msu.ru/~ngostev/Files/lmfit.zip>

Также с помощью высокоточного алгоритма интерпретации транзитных кривых блеска в модели затменной классической двойной системы звезда-экзопланета исследована возможность определения параметров системы при переходе от переменных эксцентриситета  $e$  и долготы периастра  $\omega$  к тангенциальным составляющим эксцентриситета,  $e \cos \omega$  и  $e \sin \omega$ . Исследование показало, что ни одну из тангенциальных составляющих невозможно определить на основе транзитной кривой блеска с одним минимумом при существующей точности наблюдения блеска транзитной кривой блеска.

**И.И. Антохиным и Э.А. Антохиной** закончена разработка метода синтеза (и соответствующего компьютерного алгоритма) в модели двойной системы со сталкивающимися ветрами. Работа алгоритма проверена на тестовых задачах. Показано, что новая версия метода синтеза позволяет успешно анализировать кривые блеска систем WR+O и WR+WR. Продемонстрировано, что учет ветров и их столкновения в таких системах при анализе стандартным методом синтеза приводит к систематически искаженным значениям параметров модели. Применение нового метода к оптической узкополосной кривой блеска системы WR+O V444 Cyg показало исключительно хорошее согласие модели и наблюдательных данных. Эти результаты суммированы в статье для "Астрономического журнала", принятой к печати в октябре 2024 года. **И.И. Антохиным** продолжено развитие программы обработки фотометрических ПЗС наблюдений на языке Python. Программа имеет гибкие настройки и позволяет в автоматическом режиме обрабатывать тысячи ПЗС-кадров. С ее помощью полностью обработаны фотометрические оптические узкополосные наблюдения систем V444 Cyg, CQ Ser, CX Ser, полученные им ранее на 2.5-м телескопе КГО. Обработка узкополосных инфракрасных наблюдений этих же систем находится в завершающей стадии. Сравнение оптических и (уже обработанных) инфракрасных узкополосных кривых блеска этих трех систем WR+O показало совершенно неожиданный результат - кривые оказались практически идентичными. Теоретические ожидания заключались в том, что ширина и глубина главного минимума кривых в инфракрасном диапазоне будет больше, чем в оптическом, из-за влияния свободно-свободного поглощения. Полученный результат требует теоретического осмысления и анализа.

**И.И. Антохин** 19 сентября 2024 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук на тему «Горячие массивные звезды в двойных системах».

**Дмитриенко Е. С.** (совместно с И.С.Савановым, ИНАСАН) для быстровращающегося гиганта HD 19978, принадлежащего к звездам типа FK Com, выполнен анализ фотометрических данных миссии TESS (08.2019 - 02.2024гг.). Для двух обнаруженных на кривых блеска всплеск определены параметры - амплитуды, длительности, энергии. Построены карты поверхностных температурных неоднородностей, установлено, что доля поверхности звезды, занимаемая пятнами, менялась от 7 до 12%. Из анализа данных TESS, а также литературных данных, относящихся к более ранним эпохам наблюдений, обнаружено уменьшение фотометрического периода за интервал времени около 40 лет от 3.337 до 3.28 сут., которое может быть обусловлено долговременной эволюцией положений активных областей (пятен) на поверхности дифференциально вращающейся звезды.

2. Представлены результаты новых фотометрических наблюдений хромосферно-активной звезды ET Dra, выполненных с использованием телескопов Звенигородской обсерватории ИНАСАН, Российско-Кубинской обсерватории на территории Республики Куба и Терскольской обсерватории ИНАСАН (всего 8 сетов наблюдений), а также с учетом дополнения архивными наблюдениями обзора Kamogata Wide-field Survey. По полученным в течение 2018–2023 гг. данным исследованы изменения формы кривой блеска, вызванные вращательной модуляцией звезды с пятнами на поверхности, а также долговременной переменности ее блеска. Обнаружено ослабление блеска в фильтре V, его циклические изменения и последующее возрастание, а также изменения формы фазовой кривой и продолжительности протяженного минимума блеска. В течение интервала HJD 245 9670 – 245 9715 амплитуда переменности блеска звезды, как и в 1990 г., достигла максимального значения (более 0.4m). Для каждого из 8 сетов наблюдений составлены карты поверхностных температурных неоднородностей и выполнены оценки параметра S запятненности объекта, максимальное значение которого составило 32.2–33.5%. По построенным спектрам мощности установлены величины возможных циклов долговременной активности звезды в 570 и 1160d (1.56 и 3.18 лет, соответственно).

3. Рассмотрены свойства планетной системы TOI-1422, в которой две планеты типа нептун обращаются около малоактивной звезды солнечного типа возраста около 5 млрд лет. Исследованы свойства внешней планеты системы TOI-1422 c, орбитальный период которой равен 29.3 суток. Получена оценка радиуса TOI-1422 c, а также при использовании модели потери атмосферы с ограничением по энергии найдено, что потеря вещества ее атмосферы, с учетом погрешностей параметров, может составлять от  $6.1 \times 10^7$  г/сек до  $9.7 \times 10^7$  г/сек.

**В. С. Козырева, А.И. Богомазов** в соавторстве с коллегами из Узбекистана (Астрономический институт имени Улугбека Академии наук Узбекистана и Самаркандский государственный университет) провели анализ кривых блеска затменной переменной звезды V1059 Ser, полученных в 2012, 2013 и 2021 гг. Найдено быстрое движение линии апсид в этой системе со скоростью  $dw/dt = 7.2^\circ/\text{год}$  и оценены физические характеристики компонент системы: это две очень похожие звезды спектрального класса B7 V–B7.5 V с массами  $\approx (3.4 \pm 0.3)M_{\text{sun}}$  и возрастом  $180 \pm 30$  млн лет. (статья в АЖ)

В соавторстве с коллегой из Узбекистана (Астрономический институт имени Улугбека Академии наук Узбекистана и Самаркандский государственный университет) был оценен темп апсидального движения с затменной двойной системе V1437 Cas с использованием кривых блеска аппарата TESS ( $d\omega/dt = 0.252 \pm 0.025$  градусов в год).

Обнаружено, что имеющиеся кривые блеска TESS содержат 4 экстремально глубоких минимума неизвестной природы (статья в "Переменных звездах")

**В.С.Козыревой** в составе большой международной коллаборации изучено геометрическое распределение излучающей пыли, окружающих белый карлик G29-38, в оптических и инфракрасных пульсациях. (статья в ArJ)

**К.В.Бычковым** продолжена работа по расчётам излучения околозвёздного газа, прозрачного в континууме, но с возможным самопоглощением в спектральных линиях. Уточнены модели атома гелия и иона Ca II. Разработанный алгоритм применён для интерпретации наблюдений солнечных вспышек в линиях водорода, гелия и кальция. Определены температура и плотность светящегося газа нескольких солнечных вспышек. Показано, что излучение исходит от нагретого весьма плотного газа, находящегося на больших высотах.

**И.Б.Волошиной совместно с Т.С. Хрузиной** и В.Г. Метловым выполнены наблюдения карликовой новой SS Cyg в период 2019–2021 гг. при разных значениях блеска ( $V \sim 10\text{--}12$  mag) как на стадии падения потока излучения после максимума вспышки, так и в спокойном состоянии между вспышками в фильтрах Rc ( $\sim 8650$  наблюдений, 3 сета), и V ( $\sim 50\,000$  точек, 22 сета). Показано, что значение орбитального периода системы в современную эпоху,  $P(\text{orb}) = 0.27408(2)$  сут., использованное в данном исследовании, меньше на 0.4% по сравнению с тем значением, что было получено более четверти века назад (1983–1996 гг.). Временное разрешение между двумя последовательными измерениями составило 6–14 с в зависимости от используемой аппаратуры. Обширная база новых наблюдательных данных позволила провести количественный анализ наблюдений и сделать выводы относительно характеристик аккреционных структур в различные моменты вспышечного цикла системы. Анализ данных после учета орбитальной переменности и иных трендов, связанных с изменением потока излучения системы за ночь, показал присутствие циклических колебаний блеска, обычно 4–10 событий за орбитальный цикл -- мерцания блеска или фликкеринг. Для большинства рядов наблюдений методом Лафлера--Кинмана определено такое значение периода колебаний, при котором свертка наблюдений с ним показывала одиночную волну. Полученные значения характерных времен фликкеринга и их амплитуд показывают зависимость от среднего уровня блеска системы: с ростом светимости обе эти величины уменьшались. Из соотношений размеров компонентов SS Cyg было показано, что источник фликкеринга расположен в районе взаимодействия газового потока с околодискowym гало: только эта область в системе SS Cyg с параметрами ( $q, i, R_d$ ), определенными авторами ранее, может затмеваться при больших радиусах диска и хорошо видна во всех остальных орбитальных фазах системы. (Результаты опубликованы в статье - АЖ, 2024).

Проведен оптический мониторинг карликовой новой SS Cyg, как сопровождение рентгеновских наблюдений в рамках международной кампании, организованной японскими учеными (университет г. Киото) во время рентгеновской вспышки этого объекта в конце мая- начале июня 2024. Фотометрические наблюдения были выполнены на 50 см телескопе Astrosib RC500 Оптической станции ИНАСАН вблизи Кисловодска (совместно со студентом А.Тарасенковым) в фильтрах V, R на стадии подъема блеска в начале оптической вспышки. Наблюдения являются уникальными, поскольку увеличение блеска у SS Cyg происходит очень быстро, в течение нескольких часов и данную стадию очень трудно «поймать». Проведена обработка полученных наблюдений и предварительный анализ. Данные переданы руководителю кампании профессору Дайсаки Ногами (всего около 6500 измерений). Предполагается опубликование совместной статьи.

Проведены фотометрические наблюдения карликовой новой RZ LMi в течение 20 ночей в период с 28 февраля по 28 апреля 2024 на 50-см телескопе Кисловодской Оптической станции ИНАСАН при помощи sCMOS камеры ZWO ASI6200MM Pro (поле 9576 x 6388 pxl, 1 pxl= 3.76  $\mu$ m, binning 2) в фильтре V. Наблюдения охватывают 2 нормальные вспышки и 3 супервспышки RZ LMi, всего около 4132 измерений. По полученным наблюдениям построены кривые блеска и осуществлен поиск фотометрической переменности. На кривых блеска во время супервспышки обнаружены суперхампы, прослежена их эволюция и определены периоды суперхампов. Для полноты анализа были также привлечены данные ТЕСС и наши неопубликованные крымские наблюдения 2019 г., выполненные также во время супервспышки, для них были определены периоды суперхампов и проведено сравнение результатов. (По результатам исследования сделан устный доклад на международной конференции «The BRITE Side of Stars» и опубликованы в Трудах конференции, 2024).

**Катышевой Н.А.** детально проанализированы результаты наблюдений вспышки системы MASTER OT J030227.28191754 в 2021-22 гг. с амплитудой 10.2 зв. величины и длительностью 60 дней. Обнаружены двухпиковые эмиссионные линии и ранние и обычные сверхгорбы, это показало, что данная система принадлежит карликовым новым (DNe) типа WZ Sge. Был найден орбитальный период 0.05986(1) дня и отношение масс 0.063(1). Таким образом, было показано, что с одной стороны это обычная маломассивная DN, с другой – что эта вспышка является очень мощной. В стандартной дисковой модели в начале вспышки в диске должна была скопиться значительная масса. Мы предполагаем, что вероятным источником этого чрезвычайно энергичной вспышки является более низкая вязкость вещества в диске в состоянии покоя, чем у других звезд типа WZ Sge.

Оптические спектры в максимуме вспышки показали сильные эмиссионные линии серии Бальмера, He I и He II, ширина ядра которых составляет примерно 800 км/с, что свидетельствует о том, что кеплеровский диск не может объяснить этот узкий компонент, линий, но предположительно, его источником являются ветры в диске.

**М.М. Кацовой** (совместно с Н.В.Емельяновым, Д.Д.Соколовым (физический факультет МГУ, ИЗМИРАН, В.Н.Обридко, ИЗМИРАН) проведено тестирование планетной гипотезы возникновения циклов солнечно-звёздной активности, объясняющей генерацию поля не механизмом динамо, а влиянием гравитации планетной системы и, прежде всего Юпитера, период обращения которого относительно Солнца совпадает с 11-летним циклом солнечной активности. Обнаружение экзопланет у звёзд солнечного типа с изученной долговременной переменностью позволило выяснить, существует ли синхронизирующее воздействие планет на циклическую активность Солнца и звёзд. Отобраны все случаи наблюдения активности типа солнечной у звёзд с известными характеристиками экзопланет. Включая Солнце, в настоящее время известно 40 объектов, среди которых F, G и K звёзды с выявленными более или менее регулярными циклами и 15 более холодных M карликов. Если цикличность активности определяется сильным приливным воздействием планеты, то длительность цикла у звезды должна быть синхронизована с периодом орбитального обращения планеты. Рассчитано гравитационное воздействие планет на их родительские звезды. Оказалось, что ни в одном случае подобная синхронизация не наблюдалась. Подтверждается полученный авторами ранее вывод о том, что экзопланеты не влияют на формирование звёздного цикла. Однако такое влияние может проявляться в регулярности цикла, вплоть до его исчезновения. Возможно, планетарный эффект может играть роль в определении формы цикла активности, т.е. проявляет себя как внешнее воздействие, модулирующее амплитуду (высоту) цикла.

В этом контексте далее рассмотрено изменение положения центра масс Солнечной системы относительно центра Солнца на протяжении 420 лет. Показано, что поведение

барицентра в эпоху глобального минимума солнечной активности в 1645–1710 гг (минимум Маундера) практически не отличается от его положений во время наиболее высоких циклов солнечной активности XX века в 1976-2015 гг. (циклы 21-24 – Гранд Максимум). Кроме того, сопоставление этих данных с наиболее достоверным 120-летним рядом числа солнечных пятен SSN- индекса солнечной активности с 1900 года до сегодняшних дней позволяет убедиться в отсутствии их синхронизации. Таким образом, пока Солнце представляет собой единственный известный пример звезды с длительностью цикла магнитной активности, близкой к периоду обращения планеты и имеющиеся наблюдательные данные пока не дают оснований сделать вывод о влиянии существования массивных экзопланет на эффекты звёздного динамо.

**Б.А. Низамовым** в сотрудничестве с коллегами из ИКИ РАН (Зимовец И.В., Шарыкин И.Н.), ИСЗФ СО РАН (Анфиногентов С.А., Киселёв В.И.) проводились исследования солнечных вспышек в рентгеновском диапазоне. В процессе анализа данных по вспышке класса M5.1 24 января 2024 года был обнаружен короткий и яркий всплеск радиоизлучения. Низамовым Б.А. был проведён анализ рентгеновских данных Fermi/GBM с целью определения параметров плазмы, отвечающей за излучение всплеска. Оказалось, что всплеск имеет структуру, характерную и для более мощных вспышек: вначале происходит скачок нетеплового излучения, а после этого имеется более плавный спад, где излучение порождается разогретой плазмой. Событие примечательно присутствием выраженного радиовсплеска в диапазоне ~6-25 ГГц. После уточнения калибровки этих данных они будут сопоставлены с данными в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах, будет подготовлена публикация.

Другое событие, в изучении которого активно участвует Низамов Б.А., - это солнечная вспышка класса X2.8, произошедшая 14 декабря 2023 года. Это событие примечательно тем, что перед ним в рентгеновском диапазоне наблюдались квазипериодические пульсации. Интересно выяснить, были ли они причиной (триггером) самой вспышки. В этой работе Низамовым Б.А. также проделан анализ рентгеновских данных с инструмента Solar Orbiter /STIX. Для двухчасового интервала перед вспышкой получена эволюция параметров плазмы в активной области и пространственное распределение рентгеновских источников. Обнаружено, что в течение примерно часа перед вспышкой в активной области присутствовала горячая плазма, связанная преимущественно с основаниями крупной магнитной структуры, а также время от времени возникала сверхгорячая плазма, связанная с той же самой структурой. Далее эти результаты планируется сопоставить с данными восстановления магнитного поля в активной области. По материалам работы также планируется публикация.

**Б.А. Низамов** также работает в области астрофизики высоких энергий совместно с Пширковым М.С., исследуя вопрос о возможном вкладе аннигиляции позитронов в космический электромагнитный фон в гамма-диапазоне. Позитроны, по всей видимости, возникают в джетах активных ядер галактик. Поскольку, по современным представлениям, все или многие галактики на определённом этапе эволюции проходят стадию активности ядра, то они за время жизни Вселенной должны произвести некоторое количество позитронов. Аннигиляция этих позитронов с электронами в газовых гало галактик может вносить некоторый вклад в гамма-фон на энергиях до 511 кэВ. Оценка, данная в работе, указывает, что данный механизм может объяснить не более 10-20% фона на этих энергиях, но может конкурировать с некоторыми другими механизмами, обсуждаемыми в литературе. За отчётный период опубликована статья.

**А. И. Халиуллиной** проведено исследование изменений орбитальных периодов в затменно-двойных системах типа Алголя RW Car, BG Peg и CU Peg. Изменения периодов RW Car и BG Peg хорошо представляются циклическими колебаниями с большой амплитудой. Показано, что эти изменения нельзя объяснить присутствием третьего тела.

Они могут быть следствием магнитной активности вторичных компонентов, имеющих конвективную оболочку. Изменения периода CU Peg можно представить суперпозицией векового изменения за счет обмена веществом между компонентами и циклических изменений, которые могут происходить из-за присутствия в системе третьего тела или быть следствием магнитной активности вторичного компонента.

**А. И. Халиуллиной** проведен анализ изменений орбитального периода затменно-двойных систем delta Lib и SX Lyn. Показано, что изменения периодов этих систем с практически одинаковой точностью можно представить или суперпозицией векового уменьшения периода и циклических изменений или только циклическими изменениями. Циклические изменения периода delta Lib в обоих случаях могут быть следствием присутствия третьего тела в системе. В случае квадратичного представления они могут быть также следствием магнитной активности вторичного компонента. Для SX Lyn выявлена суперпозиция двух циклических изменений как для линейного, так и для квадратичного представления. Циклические изменения периода с меньшим периодом в обоих случаях могут быть следствием присутствия третьего тела в системе. Циклические изменения периода с большим периодом могут быть следствием магнитной активности вторичного компонента. Вековое уменьшение периода в обеих системах может быть следствием потери углового момента за счет магнитного торможения.

**Видимо – это расширенное описание того, что вынесено в Важнейшие результаты. Подумайте, нужно ли это включать в Основной раздел:**

**А.М. Черепашуком, Т.С. Хрузиной** и К.Е. Атапиным выполнены анализ новых фотометрических наблюдений рентгеновской новой GRO J0422 + 32 (V518 Per), проведенных в полосе Ic в течение 14 ночей в 2020–2023 годах. Уточнен орбитальный период системы на нашу эпоху, новое значение  $P(\text{orb}) = 0.21216275$ , что примерно на одну минуту короче периода, полученного 25 лет назад. Свертка кривой блеска с этим периодом имеет правильную форму с явным эффектом эллиптичности и признаками небольшого эффекта нагрева. Моделирование этой кривой блеска в рамках модели взаимодействующей двойной системы позволило оценить наклон орбиты системы  $i = 33^\circ\text{--}49^\circ$  и вывести массы черной дыры  $M_x = (6.5 \pm 2.9) M_{\text{sun}}$  и звезды-компаньона  $M_v = (0.47 \pm 0.21) M_{\text{sun}}$ . Этот диапазон масс черных дыр перекрывается с известным зазором (2–5)  $M_{\text{sun}}$  в распределении масс компактных объектов, но в основном лежит выше верхней границы этого зазора. Для получения более точных оценок необходимо знать степень нагрева звезды-донора, поэтому желательны синхронные рентгеновские/оптические наблюдения этой системы

**С.Ю. Шугаровым:**

Даны результаты нашего оптического исследования затменного поляра Gaia23cer. Мы анализируем орбитальную переменность блеска в высоких и низких состояниях. Система имеет орбитальный период 102 мин. и демонстрирует глубокие затмения с длительностью ок. 400 сек. Спектры имеют красный циклотронный континуум с триплетом поглощения зеемановского H\_альфа, формирующимся в магнитном поле с напряженностью  $B=15.2$  МГс. Источник эмиссионных линий имеет высокую лучевую скорость полуамплитуды 450 км\сек. Вычислены масса и температура белого и красного карлика, наклон орбиты.

Исследована вспышка MASTER OT J030227.28+191754.5 в 2021-2022 годах, найдена амплитуды 10,2 зв. вел., продолжительность вспышки 60 дней. Обнаружены двухпиковые оптические эмиссионные линии, ранние и обычные сверхгорбы, тип переменной - WZ Sge. Орбитальный период найден 0.05986 дня, отношение масс 0,060. Найден темп аккреци, массы компонентов Оптические спектры в максимуме вспышки показали сильные эмиссионные линии серий Бальмера, He I и He II, ядро которых имеет

полуширину уже 800 км\сек. Построена модель системы. **У Н.А.КАТЫШЕВОЙ ЭТОТ РЕЗУЛЬТАТ ОПИСАН БОЛЕЕ ПОДРОБНО.**

Даны результаты многоцветной фотометрии, спектроскопического анализа и моделирования распределения спектральной энергии (SED) для post-AGB-кандидата IRAS 02143+5852. Найдены цефеидоподобные изменения блеска с амплитудой до 0,9 зв. велю и периодом пульсации около 24,9 сут. Фазовые кривые блеска оказались типичными для цефеид W Vir. Из спектра низкого разрешения были определены следующие параметры атмосферы:  $T_{\text{eff}} \sim 7400$  К и  $\log g \sim 1,38$ . Спектр содержит эмиссионные линии H $\alpha$ , Ba II, He I и др. Показано существенное изменение профиля H $\alpha$  и появление молекулярных полос CN и C $\equiv$ N с фазой пульсации. Мы пришли к выводу, что IRAS 02143+5852 является аналогом малосветимых пылевых звезд типа RV Tau.

Даются результаты фотометрического исследования карликовой новой типа SU UMa в ГЭПе периодов, звезды V1006Cyg. Она показала длительную остановку (характерная черта звезд типа Z Cam), завершившуюся длительной вспышкой (характерная черта звезд IW And). Длительная вспышка не имела сверхгорбов (характерная черта звезд SS Cyg), но вместо этого показала орбитальную периодичность в 0,09837 d. Диаграммы цвет-цвет показывают, что слои диска с разной температурой вносят вклад в общее излучение системы. В частности, большой вклад от самых внутренних горячих слоев обнаружен в состоянии покоя.

В симбиотических двойных системах вокруг донорской красной гигантской звезды существует нейтральная, холодная и плотная среда ее звездного ветра, в то время как вокруг горячего компонента, обычно белого карлика, физические процессы происходят при температурах порядка 100000 К, ионизируя окружающую среду. Путем моделирования измеренных плотностей столбов нейтрального водорода из рэлеевского рассеяния для двух тихих систем мы обнаружили более высокие плотности в орбитальной плоскости, чем может соответствовать сферически симметричному ветру. Обнаружено несимметричное распределение материи вокруг полюсов красного гиганта, а другая асимметрия образовывается в орбитальной плоскости. Эта асимметрия подтверждает гравитационную фокусировку как механизм, ответственный за наблюдаемое усиление ветра по направлению к орбитальной плоскости.

Представлены долговременные фотометрические UBVRI наблюдения новой звезды KT Eri с момента ее вспышки, произошедшей в ноябре 2009 г. вплоть до настоящего времени (2023 г.). В спокойном состоянии оптический спектр звезды показывает сильную эмиссионную линию HeII 4686. Звезда демонстрирует сложную фотометрическую переменность амплитудой в 1 зв. вел., которая является наложением разных периодичностей на временных масштабах от нескольких часов до порядка нескольких лет. Средние уровни блеска и показателей цвета звезды остаются постоянными до и после вспышки.

#### УЧАСТИЕ В НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЯХ И ВЫСТАВКАХ

**Богомазов А.И., Тутуков А.В.,** Относительные частоты ONe и CO сверхновых типа Ia и их изменение со временем, **устный доклад**, доклад на ВАК- 2024, 26 августа 2024 года

[Купряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б., Малютин В.А. 2024](#)  
[Анализ динамики развития вспышки SOL2013-05-17 \(Устный\)](#)  
[XXVIII всероссийская ежегодная конференция «Солнечная и солнечно-земная физика-2024», Санкт-Петербург, ГАО РАН, Russia, 7-11 октября 2024](#)

[Малютин В.А., Купряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б. 2024](#)  
[Особенности формирования линейчатого излучения в условиях хромосферы на примере водорода, гелия и иона CaII \(Устный\)](#)

[Всероссийская конференция “Магнетизм и активность Солнца - 2024”](#), Крым, КРАО РАН (Научный), Russia, 5 июля 2024

[Купряков Ю.А., Малютин В.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б. 2024 Анализ фрагментов коронального выброса после вспышки M 2.5 7 июня 2011 года \(Устный\)](#)  
[Магнетизм и активность Солнца - 2024”](#), Крым, пос. Научный, 1-6 июля 2024

[Малютин В.А., Белова О.М., Бычков К.В., Купряков Ю.А., Горшков А.Б. 2024 Необходимость модели неоднородных облаков для объяснения оптического излучения надфотосферного газа в линиях водорода, гелия и кальция \(Устный\)](#)  
[Девятнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН, 5 - 9 февраля 2024 г., Москва, Russia, 5-9 февраля 2024](#)

[Купряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б., Малютин В.А., Кашапова Л.К., Kotrč P. 2024 Наблюдение, теоретический расчет и анализ вспышки SOL2012-05-1 \(Устный\)](#)  
[Девятнадцатая конференция "Физика плазмы в солнечной системе, ИКИ Москва, Russia, 5-9 февраля 2024](#)

**И.Б.Волошина** «Photometric Observations of Dwarf Nova RZ Leo Minoris», *устный доклад*, Международная конференция «The BRITe Side of Stars», 20-23 августа 2024 г., Австрия, г. Вена, Венский Университет

[Кацова М.М., Обридко В.Н., Соколов Д.Д., Емельянов Н.В. 2024 Существует ли синхронизирующее воздействие планет на циклическую активность Солнца и звезд? \(Приглашенный доклад\) Авторы: СОЛНЕЧНАЯ И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2024](#), Петербург, Russia, 7-11 октября 2024

[Katsova M.M., Obridko V.N., Sokoloff D.D., Emelianov N.V. 2024 Is there a synchronizing influence of planets on the cyclic solar and stellar activity? \(Устный доклад\) Авторы: The 16th Workshop "Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere"](#), Primorsko, Bulgaria, 3-7 июня 2024

[Кацова М.М. 2024 Вспышечная активность молодых звезд и её влияние на экзопланеты \(Пленарный доклад\) Автор: Астрономические проблемы происхождения и развития жизни. Молодое Солнце и Земля](#), Москва, Russia, 19-20 марта 2024

[Кацова М.М. 2024 Мощные звездные вспышки \(Приглашенный доклад\) Автор: Звёзды с активностью солнечного типа](#), Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Russia, 26-27 февраля 2024

[Кацова М.М., Обридко В.Н., Соколов Д.Д., Емельянов Н.В. 2024 СУЩЕСТВУЕТ ЛИ СИНХРОНИЗИРУЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЛАНЕТ НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА И ЗВЁЗД? \(Устный доклад\) Девятнадцатая ежегодная конференция «Физика плазмы в солнечной системе» ИКИ РАН, 5 - 9 февраля 2024 г., Москва, Russia, 5-9 февраля 2024](#)

**Сейфина Е.С.** «Как отличить нейтронную звезду от белого карлика по их рентгеновским наблюдениям» Всероссийская конференция «Ломоносовские

чтения», Секция «Астрономия и геофизика», Москва, МГУ, Россия, 21 марта 2024 г., **устный доклад**

**А.М. Черепашук**, К.А. Постнов, А.В. Додин, А. А. Белинский  
«Эволюционное возрастание радиуса орбиты и изменения размеров полости Роша в микроквасаре SS433.» Международная конференция HEA-2023 "Астрофизика высоких энергий сегодня и завтра", ИКИ РАН, Москва, 18-23 декабря 2023. **Приглашенный доклад**

**А.М. Черепашук**, «60 лет наблюдений черных дыр: окончательное открытие». Международная школа по гравитации, космологии и астрофизике ISGCA-2024, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 1-8 июля 2024 г. **Приглашенный доклад**

**А.М. Черепашук** «Триумф черных дыр». Всероссийская астрономическая конференция ВАК-2024 "Современная астрономия: от ранней Вселенной до экзопланет и чёрных дыр", САО РАН, Нижний Архыз, 25-31 августа 2024 г. **Пленарный доклад:**

**А.М. Черепашук**, «Рентгеновские новые с черными дырами: наблюдения на Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ». Международная конференция, посвященная памяти академика Д.А. Варшаловича и чл.-корр. РАН Е.П. Мазеца ФТИ им. Иоффе, "От фундаментальных констант до гамма-всплесков и космологии", С.-Петербург, 18-19 ноября 2024 г. **Приглашенный доклад**

**А.М. Черепашук**, «Открытие черных дыр: 60 лет наблюдений.» Всероссийская гравитационная конференция, посвященная памяти А.А. Старобинского, Казанский Федеральный университет, Казань, 25-29 ноября 2024 г. **Приглашенный доклад**

К.А. Постнов, А.А. Белинский, В.Е. Жаров, В.К. Милюков, **А.М. Черепашук**, Н.И. Шатский, «Кавказская горная обсерватория ГАИШ МГУ: возможности и перспективы метрологических измерений.» Всероссийская конференция, III научно-техническая конференция "Методы и средства навигации по геофизическим полям", ВНИИФТРИ, Московская область, 20-23 октября 2024 г. **Приглашенный доклад**

**Shugarov S.Yu**, Malashevich S.V., Zharova A.V., Shchurova A.V. 2024 TCP J10240289+4808512 - a cataclysmic variable of a SU UMa-type (**Стендовый доклад**)  
KOLOS-2024, город Snina, Slovakia, 24-26 октября 2024

Pavlenko E., Antonyuk K., Antonyuk O., **Shugarov S.**, Pit N. 2024 ER UMa: a dwarf nova that continues to amaze (**Стендовый доклад**) Binary and Multiple Stars in the Era of Big Sky Surveys, г. Литомышль, Czech Republic, 9-13 сентября 2024

**Shugarov S.Yu**, Golysheva P.Yu, Munari U. 2024 The analysis of multicolor photometric observations of X-ray novae KV UMa and KT Eri (**Стендовый доклад**) Binary and Multiple Stars in the Era of Big Sky Surveys, г. Литомышль, Czech Republic, 9-13 сентября 2024

**Shugarov S., Skopal A., Shagatova N., Shenavrin V., Kroll P. 2024 V426**  
Sge: Photometry from an inactive binary to the nova explosion and the evolution of a classical symbiotic star (**Стендовый доклад**) Symbiotic stars, weird novae, and related embarrassing binaries, Прага, Czech Republic, 3-7 июня 2024

**Членство в международных и общероссийских советах, союзах, комитетах, обществах, академиях, редколлегиях и т.п. Сотрудники ГАИШ – рецензенты научных журналов**

**М. М. Кацова** – рецензировала статьи для журналов: Monthly Notices of RAS, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial physics (JASTP), Acta Astrophys. Taurica (англ версия - Изв. КрАО), Астрономический журнал, Geomagnetism and Aeronomy (Pleiades Publishing), Письма в Астрономический журнал, Изв. ВУЗов/Радиофизика, Open Astronomy, Universe,

**Сейфина Е.В.** рецензировала статьи для журналов Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Astrophysical Journal, ЖЭТФ и Nature Astronomy.

**Сейфина Е.В.** является научным редактором Реферативного журнала ВИНТИ РАН «Астрономия» (с 2020 г.)

**Сейфина Е.В.** является научным редактором Реферативного журнала ВИНТИ РАН «Исследование Земли из космоса» (с 2020 г.)

**Сейфина Е.В.** является научным редактором Реферативного журнала ВИНТИ РАН «Исследование космического пространства» (с 2020 г.)

**Халиуллина А.И. – Рецензент научных журналов:**  
Астрономический журнал с 2013 г., Research in Astronomy and Astrophysics с 2015 г.

### **Научно-популяризаторская деятельность**

#### **Сейфина Е.В.: Выступления в СМИ**

**1 октября 2024 г.** Аккрецирующие нейтронные звезды и белые карлики различаются по спектру рентгеновских вспышек (интернет-издание «Элементы»)

[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/434263/Akkretsiruyushchie\\_neytronnye\\_zvezdy\\_i\\_belye\\_karliki\\_razlichayutsya\\_po\\_spekturu\\_rentgenovskikh\\_vspyshek](https://elementy.ru/novosti_nauki/434263/Akkretsiruyushchie_neytronnye_zvezdy_i_belye_karliki_razlichayutsya_po_spekturu_rentgenovskikh_vspyshek)

#### **Интервью в интернет-изданиях:**

**9 сентября 2024 г.** «В МГУ нашли способ отличить белые карлики от нейтронных звезд» (ТрВ-Наука)

<https://www.trv-science.ru/2024/07/astronovosti-30-jul/>

**6 сентября 2024 г.** «Найден способ отличать белые карлики от нейтронных звезд» (Информационное агентство ТАСС)

[https://nauka.tass.ru/nauka/21421681?utm\\_source=google.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.ru&utm\\_referrer=google.ru](https://nauka.tass.ru/nauka/21421681?utm_source=google.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=google.ru&utm_referrer=google.ru)

**23 июля 2024 г.** «Решена одна из ключевых проблем науки: астрономы научились различать белые карлики и нейтронные звезды» (Правда.ру)

<https://www.pravda.ru/news/science/2070074-mgu/>

**23 июля 2024 г.** «Российские астрономы разгадали двадцатилетнюю загадку:

найден способ, как отличить белые карлики от нейтронных звезд» (Дзен)

<https://dzen.ru/a/Zp-lxI3cDxosYWAG>

**22 июля 2024 г.** «Новая методика позволяет различать белые карлики и нейтронные звезды. Как астрофизикам удастся решать старые проблемы?» (Научно-информационный портал ПОИСК)

<https://poisknews.ru/astronomiya/novaya-metodika-pozvolyaet-razlichat-belye-karliki-i-nejtronnye-zvezdy-kak-astrofizikam-udaetsya-reshat-starye-problemy/>

**22 июля 2024 г.** «Найден способ отличить белые карлики от нейтронных звезд» (Российская академия наук)

<https://new.ras.ru/activities/news/nayden-sposob-otlichit-belye-karliki-ot-nejtronnykh-zvezd/>

22 июля 2024 г. Астрономы МГУ нашли способ отличить белые карлики от нейтронных звезд (Официальный сайт МГУ имени М. В. Ломоносова)

<https://msu.ru/news/novosti-nauki/astronomy-mgu-nashli-sposob-otlichit-belye-karliki-ot-nejtronnykh-zvezd.html>

19 февраля 2024 г. How to distinguish white dwarf and neutron star X-ray binaries during their X-ray outbursts? (WJP)

<https://wjphysics.com/archivedetail/2/2023/1>

## VI. Гранты

Продолжаются работы **по гранту РНФ** по теме "Комплексные исследования звезд на ранних и поздних стадиях эволюции". Руководитель – **А.М. Черепашук**. Номер гранта: 23-12-00092, срок действия гранта с 2023 по 2025 годы. Годовая сумма 7 млн. руб.

## VII. Награды и премии

В 2024 г. **А.М. Черепашук** награжден юбилейной медалью РАН в связи с 300-летием РАН.

## VIII. Учебная работа

**И.И. Антохин** руководил курсовой работой студента 4 курса Даниила Якименко, успешно защищенной 30 мая 2024 года.

**А.И. Богомазов**, соавторство в задачнике для школьников (учебная литература МГУ)

Абрамова В.В., Ахмедов М.Р., **Богомазов А.И.**, Кузнецов М.В., Панферов С.В., Савин С.Ф., Савчук А.М., Садовнича И.В., Соловьев С.В., Чесноков С.С., Шеблаев М.В., Шейпак И.А., Юмашев М.В., Ярцев А.В. **Задачи олимпиады "Ломоносов" по профилю КОСМОНАВТИКА 2019 - 2024 гг.** (с подробными решениями) / под общей редакцией И.В. Садовничей,

**К.В.Бычков** - Руководство аспирантом третьего года обучения **Малютиным В.А.** Прочитаны следующие курсы. [МГУ имени М.В. Ломоносова](#), [Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга](#)

13 февраля 2024 - 14 мая 2024 [Излучение атомов в космосе](#) факультативная, лекции, 34 часов

8 февраля 2024 - 17 мая 2024 [Термодинамика в астрономии](#) факультативная, лекции, 34 часов

7 сентября 2024 - 14 декабря 2024 [Нестационарное излучение космической плазмы](#) факультативная, лекции, 34 часов

7 сентября 2024 - 14 декабря 2024 [Классическая механика в астрономии](#) факультативная, лекции, 34 часов

2 сентября 2024 - 16 декабря 2024 [Электромагнетизм в астрономии](#) факультативная, лекции, 34 часов

**Е.В. Сейфина** прочла в весеннем семестре 2024 года 32-часовой спецкурс «Рентгеновская астрономия: теория и наблюдения» для студентов-астрономов 4–5 курсов и магистрантов физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

**Е.В. Сейфина** также прочла курс лекций на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках Межфакультетских учебных курсов МГУ: «Рентгеновское небо» (2024 г., осенний семестр 2024/2025 уч. года).

Имеет авторство 7 учебных курсов.

**Е.В. Сейфина** руководит подготовкой студента в магистратуре физического факультета МГУ.

**А.М. Черепашук** прочитал семестровый спецкурс (осенний семестр) "Тесные двойные системы" (32 часа) для студентов-астрономов 5 курса физического факультета МГУ.

Руководит работой двух аспирантов Астрономического отделения физического факультета МГУ:

1) И.А. Шапошников, 3-й год обучения.

2) Е.В. Бекесов, 4-й года обучения,

а также одной дипломницы – студентки 6-го курса Астрономического отделения физического факультета МГУ:

1) К.А. Лызенко.

#### Участие в работе оргкомитетов

**А.М. Черепашук** сопредседатель программного комитета Всероссийской астрономической конференция ВАК-2024 "Современная астрономия: от ранней Вселенной до экзопланет и чёрных дыр", САО РАН, Нижний Архыз, 25-31 августа 2024 г.

**М. М. Кацова** – член программного комитета конференций:

7-11 октября 2024 [XXVIII всероссийская ежегодная конференция «Солнечная и солнечно-земная физика-2024»](#) Член программного комитета Санкт-Петербург, ГАО РАН, Russia

19-20 марта 2024 [Астрономические проблемы происхождения и развития жизни. Молодое Солнце и Земля](#) Член организационного комитета Москва, Russia

19-20 марта 2024 [Астрономические проблемы происхождения и развития жизни. Молодое Солнце и Земля](#) Член программного комитета Москва, Russia

26-27 февраля 2024 [Звёзды с активностью солнечного типа](#) Член программного комитета Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Russia

#### Членство в научных обществах

**И. И. Антохин, Э. А. Антохина, Б. А. Низамов, Е. В. Сейфина, А. М. Черепашук** – члены **Международного астрономического союза (МАС)** [International Astronomical Union (IAU) Франция].

**И.Б. Волошина, Е.С.Дмитриенко, Н.А.Катышева, М.М.Кацова, А.М.Черепашук** – ойчлены **Международной общественной организации "Евроазиатское Астрономическое Общество" АстрО**

**Библиография**  
**к Отчету по теме НИР «Физика тесных двойных звёздных систем»**  
**2024 г.**

**Статьи в журналах**

1. **Абубекеров М.К., Гостев Н.Ю.** «Интерпретация транзитной кривой блеска при наличии одного главного минимума с учетом эксцентricности орбиты транзита (планеты)» в журнале **Астрономический журнал**, том 101, № 7, с. 608-617 **2024**
2. **В. С. Козырева, Ф. Б. Хамракулов, О. А. Бурхонов, А. И. Богомазов, Б. Л. Сатовский,** Вращение линии апсид в затменной системе V1059 Cep, **Астрономический журнал**, том 101, № 2, с. 101–110 (2024).
3. **V. S. Kozyreva, A. I. Bogomazov, F. B. Khamrakulov** The Apsidal Motion in the Eclipsing Binary V1437 Cas, **Peremennye Zvezdy (Variable Stars)** 44, No. 11, p. 131-138 (2024).
4. von Hippel T., Farihi J., Provencal J. L., Kleinman S. J., Pringle J. E., Swan A., Fontaine G., Hermes J. J., Sargent J., Savery Z., Cooper W., Kim V., **Kozyreva V.**, Krugov M., Kusakin A., Moss A., Ogloza W., Pakštienė E., Serebryanskiy A., Sonbas E., Walter B., Zejmo M., Zola S., The Morphology of the Asteroidal Dust around White Dwarf Stars: Optical and Near-infrared Pulsations in G29-38, **The Astrophysical Journal**, Volume 963, Issue 2, id. 113
5. [Купряков Ю.А., Малютин В.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б. 2024 Анализ событий в ходе вспышки M 2.5 7 июня 2011 года \*Иzv. Крымской астрофизической обсерватории\*, том 120, № 3, с. 12-17](#)
6. [Купряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б., Котрч П. 2024 Моделирование спектральных наблюдений эруптивного протуберанца \*Геомагнетизм и аэрономия\*, том 64, № 1, с. 23-28 DOI](#)
7. [Купряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Малютин В.А., Горшков А.Б. 2024 Моделирование излучения вспышки 27.04.2012 в спектральных линиях водорода, гелия и кальция \*Вестник Московского университета. Серия 3: Физика, астрономия, Изд-во Моск. ун-та \(М.\)\*, том 79, № 2, с. 2420801-01-2420801-08 DOI](#)
8. Ikonnikova N.P., Burlak M.A., Dodin A.V., **Shugarov S.Yu, 2**, Belinski A.A., и др. Post-AGB candidate IRAS 02143+5852: Cepheid-like variability, three-layer circumstellar dust envelope and spectral features **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society** 2024 v. **530**, 1328-1346
9. Колбин А.И., Павленко Е.П., Кочкина В.Ю., Винокуров А.С., **Шугаров С.Ю.**, Сосновский А.А. и др. Спектральное и фотометрическое исследование нового затменного поляра GAIA23cep. **Письма в Астрономический Журнал**, 2024 том: 50 (5) С.335-349
10. [Низамов Б.А., Пширков М.С. 2024 Аннигиляция позитронов из джетов АЯГ как возможный источник космического гамма-фона на энергиях до 511 кэВ \*Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика\*, том 50, № 3, с. 208-215 DOI](#)
11. [Obridko V.N., Katsova M.M., Sokoloff D.D., Emelianov N.V. – 2024 “Is There a Synchronizing Influence of Planets on Solar and Stellar Cyclic Activity?” \*Solar Physics\*, v.299, article number 124. \(11pp\) DOI](#)

12. **A.M. Cherepashchuk, T.S. Khruzina, K.E. Atapin**, 2024, I-band photometry of the quiescent black hole X-ray nova GROJ0422 + 32 = V518 Per: modelling of the orbital light curve and estimation of the black hole mass, **MNRAS** v.531, № 4, p.4917-4928.

13. **И. С. Саванов, А. Н. Тарасенков, Е. С. Дмитриенко** 2024 ПЯТЕННАЯ И ВСПЫШЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ ОДИНОЧНОГО G5 III - IV ГИГАНТА HD 199178 ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ МИССИИ TESS

**Астрономический журнал**, 2024, том 101, № 12, с. 11–17 DOI: ??? =====

**S. Savanov, A. N. Tarasenkov, and E. S. Dmitrienko** 2024 **Spot and Flare Activity of Single G5 III–IV Giant HD 199178 from TESS Observations**

**Astronomy Reports**, 2024, Vol. 68, No. 12, pp. 1153–1158. © Pleiades Publishing, Ltd., 2024. ISSN 1063-7729 DOI: 10.1134/S1063772924701002

14. **И. С. Саванов, С. А. Нароенков, М. А. Наливкин, А. Н. Тарасенков, Е. С. Дмитриенко** 2024 АКТИВНОСТЬ ЗВЕЗДЫ ET DRA ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В 2018–2023 ГОДАХ

**Астрономический журнал**, 2024, том 101, № 6, с. 550–556 DOI: =???? ==

**I. S. Savanov, S. A. Naroenkov, M. A. Nalivkin, A. N. Tarasenkov, and E. S. Dmitrienko** 2024 ET Dra Activity According to Observations in 2018–2023

**Astronomy Reports**, 2024, Vol. 68, No. 6, pp. 595–600. © Pleiades Publishing, Ltd., 2024. DOI: 10.1134/S1063772924700549

15. **Е.С. Дмитриенко И.С. Саванов** 2024 ПОТЕРЯ МАССЫ АТМОСФЕРЫ ПЛАНЕТЫ TOI-1442 с

**Астрофизика**, т.67 вып.1 с.61-67

**DOI: 10.54503/0571-7132-2024.67.1-61 = E. S. Dmitrienko, I. S. Savanov** 2024 Mass Loss from the Atmosphere of the Planet TOI-1442 с **Astrophysics**, V. 67, Issue 1, pp. 54-59

DOI:10.1007/s10511-024-09816-3

16. **I.A. Shaposhnikov, A.M. Cherepashchuk, A.V. Dodin, K.A. Postnov**, 2024, Spectroscopic searches for evolutionary orbital period changes in WR+OB binaries: The case of WR 27 (Hen 3-1772), **Astronomy and Astrophysics** v.683, L17-L22.

17. Tampo Y., Kato T., Isogai K., Kimura M., ..., **Katysheva N., Shugarov S. Yu., Zubareva A. M.**, и др. MASTER OT J030227.28+191754.5: an unprecedentedly energetic dwarf nova outburst 2024 **Publications of the Astronomical Society of Japan**, V.76, Issue 6, P. 1228–1245,

<https://doi.org/10.1093/pasj/psae082> = ArXiv e-prints : 2408.13783, 1-24

18. Pavlenko E., **Shugarov S.**, Kato T., et al. V1006 Cyg: SU UMa-type dwarf nova in the period gap that wobbles between subclasses

**Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso** 2024 v. 54 (2), 117-127

19. Titarchuk L., **Seifina E.** (Титарчук Л., Сейфина Е.) «SDSS J075217.84+193542.2: X-ray weighing of a secondary BH», **Frontiers in Astronomy and Space Sciences**, 2024, 11, 1368633, DOI: <https://doi.org/10.3389/fspas.2024.1368633>

20. Titarchuk L., **Seifina E.** (Титарчук Л., Сейфина Е.) "How to distinguish white dwarf and neutron star X-ray binaries during their X-ray outbursts?", **World Journal of Physics**, 2024, 2, 110-142, DOI: <https://doi.org/10.56439/WJP/2024.1111>

21. Titarchuk L., **Seifina E.**, Mishin Y. (Титарчук Л., Сейфина Е.В., Мишин Е.) «Changing Look AGN: An X-ray Look », 2024, **Astronomy and Astrophysics**, 2024, astro-ph.HE/2411.09781

22. **Халиуллина А. И.**, Изменения орбитальных периодов затменно-двойных

систем RW Car, BG Peg и CU Peg, **Астрономический журнал**, 101, № 1, с. 12-24, 2024.

**23. Халиуллина А. И.** Изменения орбитальных периодов затменно-двойных систем  $\delta$  Lib и SX Lyn, **Астрономический журнал**, 101, № 11, с. 31-40, 2024.

**24. Хрузина Т.С., Волошина И.Б.,** Метлов В.Г. Исследование быстрой переменности карликовой новой SS Cygni при разных уровнях блеска  
**Астрономический журнал**, том 101, № 2, с. 111-136 **2024** DOI: 10.31857/S0004629924020057

#### Статьи в сборниках

1. Койнаш Г.В., Зимовец И.В., Шарыкин И.Н., Иванов Е.Ф., Киселев В.И., **Низамов Б.А.** **2024** [Многоволновые наблюдения квазипериодических пульсаций импульсной солнечной вспышки C2.8](#) Труды 28-й Всероссийской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2024», ГАО РАН, 2024 г., с.169-172. [DOI](#)

2. **Irina Voloshina, Taytiana Khruzina 2024** «Dwarf nova SS Cyg: New Photometric Data», в сборнике *Proceedings of the conference*, серия *The Golden Age of Cataclysmic Variables and Related Objects VI*, издательство *Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA) (Italy)*, с. 1-11, published November 20, 2024: [PoS\(GOLDEN2023\)027](#).

3. **Irina Voloshina, Taytiana Khruzina 2024** «The Eclipsing Dwarf Nova EX Dra – A short review» в сборнике *Proceedings of the conference*, серия *The Golden Age of Cataclysmic Variables and Related Objects VI*, издательство *Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati (SISSA)(Italy)*, с.1-12, published November 20, 2024: [PoS\(GOLDEN2023\)022](#).

4. **I.Voloshina, A.Tarassenkov 2024** « Photometric Observations of Dwarf Nova RZ Leo Minoris» в сборнике «The BRITE Side of Stars» Celebrating the 10<sup>th</sup> Anniversary of BRITE-conselation. **Electroning Proceedings**, August 20 to 23, 2024, University of Vienna.  
<https://britestars.univie.at/home>

5. Shagatova N., Skopal A., Kundra E., Komzik R., **Shugarov S.**, Pribulla T. Wind Distribution Asymmetries in the Quiescent S-type Symbiotic Binaries  
Сборник: **The Twelfth Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics 2024**  
Серия: Astronomical Society of the Pacific Conference Series 2024 v. 536, 139 – 146

6. **Shugarov S.Yu.**, Golysheva P.Yu., Dallaporta S., Munari U. Long term UBVRI photometric and spectral monitoring of nova KT Eri during 2009-2023  
**2024 ArXiv** Solar and Stellar Astrophysics (astro-ph.SR) arXiv:2411.1934

## Отчёт по теме «Физика тесных двойных звёздных систем» за 2020 - 2024 гг.

Академик РАН – 1 Доктора физ.-мат. наук – 5 (с учётом АМЧ)

Кандидаты физ.-мат. наук – 13

### Статистика публикаций в журналах 2020 – 2024 гг.

Монографии – 1 (2021) +2 (2022) = 3

Astronomy and Astrophysics – 2 (2020) +1 (2021) + 1 (2022) +2 (2023) +1 (2024) = 7

Astrophysical Journal – 2 (2022) + 1 (2024) = 3

Astronomical Journal – 1 (2021)

Experimental Astronomy – 1 (2021)

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

– 4 (2020) + 4 (2021) +5 (2022) +3 (2023) +2 (2024) = 18

Publ. of the Astron. Soc. of Japan – 2 (2020) +3 (2021) +1 (2024) = 6

Nature – 1 (2020)

New Astronomy – 1 (2023)

New Astron Rev – 1 (2020)

Solar Physics - 1 (2022) +1 (2024) = 2

Advances in Space Researches – 1 (2020)

Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics – 1 (2020) +1(2021) +1 (2023) = 3

Geomagnetism and Aeronomy – 2 (2021) +2 (2022) +1 (2023) = 5

Frontiers in Astronomy and Space Sciences – 1 (2024)

Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso – 4 (2024)

Open Astronomy – 1 (2022)

World Journal of Physics – 1 (2023) +1 (2024) = 2

JAAVSO – 1 (2021)

The Astronomical Telegrams – 1 (2021)

ArXiv astro-ph –2

Успехи Физических Наук – 2 (2020)

Astronomy Reports – 3 (перевод Астрон. журн.) (2024)

Астрономический журнал – 5 (2020) +6 (2021) +7 (2022) +11 (2023) +7 (2024) = 36

Письма в Астрон. журнал – 2 (2020) +2 (2022) +2 (2024) = 6

Геомagnetизм и Аэрoномия – 1 (2024)

Астрофизический Бюллетень – 1 (2021) +3 (2022) +2 (2023) = 6

Переменные звёзды – 1 (2021) +2 (2022) +1 (2023) + 1 (2024) = 5

Вестник МГУ. Серия 3: Физика, астрономия – 1 (2024)

Астрофизика – 2 (2021) +1 (2024) = 3

Astrophysics – 1 (2022)

Известия Крымской астрофизической обсерватории – 1 (2023) +1 (2024) = 2

Научные труды ИНАСАН – 2 (2023)

Астрономический Циркуляр – 1 (2022) +1 (2023) = 2

Земля и Вселенная – 2 (2021)

Общее количество публикаций –

3 монографии: 1 (2021) +2 (2022),

141 статья в журналах: 31 (2020) + 26 (2021) + 28 (2022) +27 (2023) +29 (2024),

40 публикаций в Сборниках: 8 (2020) + 10(2021) + 8 (2022) +9 (2023) +5 (2024),

28 тезисов докладов: 3 (2020) +6 (2021) + 11 (2022) +4 (2023) +4 (2024),

6 научно-популярных статей: 2 (2021) +2 (2023) +2 (2024)

**Представлено 22 приглашённых доклада:** 4 (2020)+ 3(2021) +1 (2022) +5 (2023) +7 +2 (2024), **60 устных:**– 2 (2020) +19 (2021) + 17 (2022) +12 (2023) +10 (2024), **16 стендовых:** 4 (2020) + 5 (2021) +2 (2022) + 1 (2023) +4 (2024). **2 доклада на Ломоносовских чтениях (2023), Одна публичная лекция (2022), с 2020 по 2024 гг более 9 выступлений в СМИ и интернет-изданиях (в том числе интернет-статьи) .**

#### **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. 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. Катыхина,  
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 2020 г.**

**И.И.Антохин и Э.А.Антохина** выполнили интерпретацию уникальных многоцветных кривых блеска недавно открытой предкатаклизмической переменной GPX-TF-16E-48 с периодом 0.3 дня. Наблюдения и их анализ были выполнены в рамках работы международного коллектива. На основе спектроскопических и фотометрических наблюдений было показано, что двойная система состоит из белого карлика и звезды главной последовательности K7. Кривая блеска системы уникальна, она показывает заметную эллипсоидальную переменность  $\sim 0.2$  зв. вел. и короткие полные затмения белого карлика с амплитудой  $\sim 0.03-0.07$  зв. вел. и длительностью  $\sim 10$  мин. Также форма кривой блеска отчетливо свидетельствует о наличии пятенной активности на звезде ГП. Из анализа фотометрических наблюдений методами синтеза кривых блеска сделан вывод, что звезда K7 приближается к границам внутренней критической полости Роша. Сделаны оценки абсолютных параметров двойной системы и компонентов. Необычная зависимость глубины полного затмения белого карлика от длины волны свидетельствует о том, что объект может относиться к группе полярных с низким темпом аккреции (LARP). Статья опубликована в журнале MNRAS.

**М.М.Кацовой** развиты и обобщены современные представления об эволюции звёздной активности. Знание эмпирических связей между вращением, возрастом и активностью даёт возможность проследить, как меняется активность звёзды малой массы за время пребывания на главной последовательности. Это позволяет различать свойства активности в эпохи раннего и молодого Солнца, определить начало эпохи формирования регулярного цикла. Оценены EUV-поток в диапазоне 1350–1750 Å для 15 молодых звёзд солнечного типа, и показано, что FUV- излучение раннего Солнца было в 7 раз более интенсивное, чем в

настоящее время и вдвое сильнее, чем у молодого Солнца в эпоху формирования регулярного цикла. Потеря массы молодого Солнца, связанная с истечением квазистационарных потоков, оценивается не менее  $10^{-12} M_{\odot}$  в год. Полученные результаты позволяют лучше понять природу экстремальных явлений на молодом Солнце в эпохи формирования земной биосферы и в настоящее время. Обзорная статья опубликована в *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*.

**М.М.Кацовой** проведен анализ переменности блеска нескольких красных карликов на характерных временах в несколько десятилетий. Для этого подготовлены ряды наблюдений с использованием нескольких фотометрических баз данных. Изученные звёзды отличаются высоким уровнем активности и, в частности, сильными средними магнитными полями в несколько кГс. В среднегодовых изменениях блеска ранее была выявлена циклическая переменность с периодами в десятки лет. Однако, применение методов вейвлета-анализа к 120-летним рядам данных показало, что для звезды V833 Tau, которую можно считать похожей на молодое Солнце, можно говорить не о выделенном цикле, а о наличии непрерывного спектра активности. Результат получен совместно с Н.И.Бондарь (КрАО), Р.А.Степановым и П.Г.Фриком (Ин-т механики сплошных сред РАН, Пермь), Д.Д.Соколовым (Физфак МГУ). Статья опубликована в *MNRAS*.

**А.М.Черепашук** выявил важную роль тройных и кратных звездных систем в образовании и эволюции тесных двойных систем. Статья опубликована в *УФН*. Из анализа рентгеновских данных по микроквару SS433 и из условия постоянства орбитального периода SS433 получено надежное значение отношения масс компонент этой системы, которое позволяет понять причину того, что во время вторичного обмена масс здесь не образовалась общая оболочка и система эволюционирует как полуразделенная, со сверхкритическим аккреционным диском вокруг черной дыры.

В работе, опубликованной в *Nature* (9 декабря 2020 г.), описано открытие с борта Российской космической рентгеновской обсерватории «Спектр-Рентген-Гамма» (научный руководитель академик РАН Р.А.Сюняев) гигантских квази-сферических образований (пузырей, излучающих в рентгене) и связанных с центром нашей Галактики. Открытие этих рентгеновских пузырей позволило разрешить давнюю загадку. Показано, что знаменитый Северный полярный шпур является не близким остатком вспышки Сверхновой звезды, а частью протяжённой, масштаба всей Галактики, структуры, тесно связанной «пузырями Ферми», открытыми гамма-обсерваторией имени Ферми в 2010 г. Оба вида этих пузырей в рентгеновском и гамма-диапазонах, наиболее вероятно, представляют собой результат мощного инжектирования энергии, рождаемой в центре нашей Галактики, где расположена сверхмассивная чёрная дыра массой 4.3 млн солнечных масс.

### Важнейшие результаты 2021 г.

**А. М. Черепашук, А. А. Белинский, А. В. Додин и К. А. Постнов** открыли вековое удлинение орбитального периода у микроквару SS 433 с темпом  $(1.0 \pm 0.3) \cdot 10^{-7}$  с/с. Это позволило отвергнуть модель нейтронной звезды в этой рентгеновской двойной системе и дать оценку отношения масс компонент  $M_x/M_v > 0.8$  ( $M_x$  и  $M_v$  – массы релятивистского объекта и оптической звезды) и массы черной дыры  $M_x > 8M_{\odot}$ . Открыта эллиптичность орбиты SS 433 с эксцентриситетом  $e = 0.05 \pm 0.01$ . Это является сильной поддержкой модели "плавающего" аккреционного диска, отслеживающего прецессию оси вращения оптической звезды. Новые данные позволяют понять, почему система SS 433 эволюционирует как полуразделенная, а не в общей оболочке. Результаты опубликованы.

**И. И. Антохиным, Э. А. Антохиной, А. М. Черепашуком и А. М. Татарниковым** предложена модель двойной системы WR+c Cyg X-3, в которой в ветре звезды WR присут-

ствуют дополнительные структуры – ударная волна перед релятивистской компонентой (bow shock) и так называемый clumpy trail – плотные сгустки в ветре, создаваемые релятивистским джетом. Кроме того, наблюдения позволили обнаружить, что в системе, помимо свободно-свободного ИК излучения ветра WR присутствует компактный ИК источник, расположенный вблизи релятивистского объекта. Этот источник был также включен в модель. Она позволила объяснить основные наблюдаемые особенности ИК и рентгеновских кривых блеска и необычное изменение цвета в ИК диапазоне. Результаты анализа кривых блеска в данной модели свидетельствуют в пользу того, что релятивистским компонентом в системе является черная дыра. Однако, при учете неоднородности ветра звезды WR, численные характеристики которой весьма неопределенны, модель допускает и нейтронную звезду как возможный вариант спутника WR. Статья принята для публикации в журнале *ApJ*.

**Е. В. Сейфиной и Л. Г. Титарчуком** впервые обнаружены гравитационно красномсещенные аннигиляционные линии в рентгеновских спектрах черных дыр Cyg X-1, GX 339-4, GRS 1915+105, SS 433 и V4641 Sgr во время их вспышек по данным со спутников *BeppoSAX*, *ASCA* и *RXTE*.

### Важнейшие результаты 2022 года

**А.М.Черепашук:** 1) На 2.5-метровом телескопе КГО ГАИШ впервые получены детальные инфракрасные (в фильтрах J, H, K) орбитальные кривые блеска слабого ( $V > 23m$ ) микроквара Cyg X-3, состоящего из звезды Вольфа-Райе (WR) и релятивистского объекта, аккрецирующего из звездного ветра звезды WR. Обнаружена значительная переменность кривых блеска от периода к периоду и аномальное поведение показателей цвета системы. На основе этих данных, с привлечением архивных рентгеновских наблюдений построена адекватная модель системы и определены ее параметры. Работа выполнена совместно с И.И.Антохиным, Э.А.Антохиной и А.М.Татарниковым и опубликована в *Ap.J.* 926, №2, id123, 2022.

**А.М.Черепашуком совместно с А.И.Богомазовым, Т.С.Хрузиной и А.В.Тутуковым** выполнен популяционный синтез рентгеновских новых типа AX J1745.6-2901, у которых наблюдается аномально быстрое укорочение орбитальных периодов. Показано, что такое укорочение периода может быть связано с усилением магнитного поля звезды-донора во время стадии эволюции с общей оболочкой и последующим интенсивным уносом углового момента из системы усиленным магнитным звездным ветром звезды-донора. Статья опубликована: *MNRAS* v. 514, №4, 5375.

**Е.В. Сейфиной, Л.Г. Титарчуком и Ф. Лораном** представлено теоретическое обоснование формирования аннигиляционной линии на 511 кэВ, обусловленного фотон-фотонным взаимодействием вблизи горизонта черной дыры, путем моделирования методом Монте-Карло. Получены оценки наклона орбиты и массы черной дыры в рентгеновской двойной системе MAXI J1348-630 с помощью метода масштабирования по данным *Swift/RXT* с привлечением уточненного расстояния до объекта по данным *SGR/eROSITA*.

### Важнейшие результаты 2023 г

1 - На основе открытого нами векового эволюционного увеличения орбитального периода у микроквара SS433 показано, что расстояние между компонентами этой массивной рентгеновской двойной системы с черной дырой увеличивается со временем, а размеры полости Роша оптической звезды в среднем постоянны. Это объясняет тот факт, что система SS433, вопреки теоретическим предсказаниям, эволюционирует как полуразделенная, без образования общей оболочки.

Результаты опубликованы в статье: **А.М.Черепашчук**, А.А.Белинский, А.В.Додин, К.А.Постнов, 2023, Evolutionary increase of the orbital separation and change of the Roche lobe size in SS433, New Astronomy, v.103, article id. 102060.

**2 - Е.В.Сейфиной** (совместно с Л.Г. Титарчуком) обнаружены фундаментальные спектральные признаки, отличающие нейтронные звезды от белых карликов, входящих в со-став аккрецирующих рентгеновских двойных системах. Обнаружен эффект стабильности индекса на уровне  $\Gamma=1.85$  (для источников с белыми карликами) и эффект стабильности индекса на уровне  $\Gamma=2$  (для источников с нейтронными звездами), подтвержденный для ряда объектов этих классов во время фаз активности на основе наблюдений NuStar, Вер-роSAX, Suzaku, RXTE и ASCA.

Опубликовано: Titarchuk L., Seifina E. (Титарчук Л., Сейфина Е.)

"MAXI J1348-630: Estimating the black hole mass and binary inclination using a scaling technique", 2023, A&A, 669, A57, DOI: <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202244585>.

**3 - М.М.Кацовой** совместно с В.Н.Обридко (ИЗМИРАН) и Д.Д.Соколовым (физфак МГУ) пересмотрена концепция магнитных трубок применительно к поверхности Солнца.

Показано, что наблюдаемые на этой поверхности и вблизи нее различные образования, имеющие хорошо выраженные границы, в значительной степени возникают благодаря своеобразным вторичным эффектам, в то время как структуры исходного распределение магнитного поля имеют гораздо более размытые границы.

Опубликовано: Obridko V.N., Sokoloff D.D., Katsova M.M. 2023 Relating photometric and magnetic properties of structures at solar surface в журнале Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Vol. 252, article id. 106152. November 2023, издательство Pergamon Press Ltd. (United Kingdom) DOI

### Важнейшие результаты за 2024 год.

#### А.М.Черепашчук

1) На основе этих данных получены наиболее надежные, динамические оценки тем-пов радиальной потери массы. Построена эмпирическая зависимость темпа потери массы звездой WR от ее массы, что имеет значение для понимания эволюции звезд WR и формирования релятивистских объектов. Результаты опубликованы и суммированы в статье: I.A. Shaposhnikov, А.М. Черепашчук, А.В. Dodin, К.А. Postnov, 2024, Spectro-scopic searches for evolutionary orbital period changes in WR+OB binaries: The case of WR 27 (Hen 3-1772), Astronomy and Astrophysics, v.683, L17-L22.

2) По ИК наблюдениям рентгеновской новой в спокойном состоянии, выполненным на 2.5-м телескопе КГО ГАИШ МГУ, дана улучшенная оценка массы черной дыры в этой двойной системе. Показано, что масса этой черной дыры лежит на верхней границе известного "провала"  $(2-5) M_{\text{sun}}$  в распределении масс релятивистских объектов в двойных системах. Результаты опубликованы в статье: **А.М. Черепашчук, Т.С. Khruzina, К.Е. Atapin**, 2024, I-band photometry of the quiescent black hole X-ray nova GROJ0422 + 32 = V518 Per: modelling of the orbital light curve and estimation of the black hole mass, MNRAS v.531, № 4, 4917-4928.

3) **Е.В. Сейфиной** (совместно с Л.Г. Титарчуком) впервые обнаружен эффект насыщения фотонного индекса в рентгеновском спектре объекта SDSS J075217.84+193542.2 во время его вспышки по данным спутника Swift. Сделан вывод о наличии двойной системы из черных дыр в центре SDSS J0752 на основе фундаментальных спектральных признаков черных дыр. Получена оценка массы вторичной черной дыры  $9 \cdot 10^7 M_{\odot}$  в двойном ядре этого объекта и дана оценка наклона SDSS J0752 ( $i=80^{\circ}$ ) на основе комбинирования метода масштабирования рентгеновских свойств источника с оценкой вириальной массы вторичной черной дыры основанной на измерениях линии Ha.

4) **Е.В. Сейфиной** (совместно с Л.Г. Титарчуком и Е.О. Мишиным) обнаружено фундаментальное рентгеновское различие между Сейфертовскими галактиками 1 и 2 типа по данным Swift, NuSTAR, XMM-Newton и Suzaku. Показано, что ключевым параметром их различия является величина отношения рентгеновской светимости к их Эддингтоновской светимости. Установлено, что такое отношение для галактик со сменой типа (напр., NGC 1566) лежит на границе между таковыми для галактик 1 и 2 типа.

## **Сведения об именных премиях и других наградах, в т.ч. международных**

В 2024 г. **А.М. Черепашук** награжден юбилейной медалью РАН в связи с 300-летием РАН.

## **Повышение квалификации сотрудников**

**А.И. Богомазов** в 2021 успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени **доктора физ.-мат. наук на тему «Эволюция тесных двойных звезд в рамках сценарного подхода»** по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия (физ.-мат. науки) в совете [МГУ.01.02](#) МГУ имени М.В. Ломоносова, Государственного астрономического института имени П.К.Штернберга

**И.И. Антохин** 19 сентября 2024 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени **доктора физ.-мат. наук на тему «Горячие массивные звезды в двойных системах»** по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия (физ.-мат. науки) в совете [МГУ.01.02](#) МГУ имени М.В. Ломоносова, Государственного астрономического института имени П.К.Штернберга

## **Участие сотрудников ГАИШ в педагогической деятельности**

### **2020**

**К.В.Бычков** ведёт спецкурсы

1) Термодинамика в астрономии, 32ч..2-й семестр (весна) сколько успел 2) Атомная физика в астрономии, 32 ч. 4-й семестр (весна) сколько успел до начала пандемии 3) Механика в астрономии, 32 ч. 1-й семестр (осень) с помощью О.М. Беловой еженедельно посылал первокурсникам тексты

**А.М.Черепашук** прочёл семестровый спецкурс «Тесные двойные системы» для студ. 5-го курса

**Н.А. Катышева** и **С.Ю. Шугаров** руководили дипломной работой студента 6 курса Е.Г. Шеянова «Фотометрические исследования рентгеновской новой MAXI J1820+070 = V3721 Orh в оптическом диапазоне». Защита прошла успешно.

### **2021**

Под руководством **И.И.Антохина** студент 6 курса АО Физического факультета МГУ Саер Алкуса защитил дипломную работу «Стационарная модель столкновения звездных ветров в массивных двойных звездах» на оценку 5.

**К.В.Бычков:** 1) 9 февраля 2021 - 18 мая 2021 [Нестационарные процессы в звёздных атмосферах](#) факультативная, лекции, 34 часов, 3-й курс

**К.В.Бычков:** 2) 6 сентября 2021 - 13 декабря 2021

[Механика астрономии](#) факультативная, лекции, 36 часов, 1-й курс

**К.В.Бычков:** 3) 7 сентября 2021 - 14 декабря 2021

[Электромагнетизм в астрономии](#) факультативная, лекции, 36 часов, 2-й курс

**К.В.Бычков** – руководство аспирантом: **Малютин Виктор Александрович**. 1-й год обучения  
Тема: Излучение газа звёздных атмосфер во время вспышек

**Е.В.Сейфина** прочла в весеннем семестре 2021 года 32-часовой **спецкурс** «Рентгеновская астрономия: теория и наблюдения» для студентов-астрономов 4-5 курсов и магистрантов физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

**А.И.Богомазов** "Школа юного исследователя космоса", Факультет космических исследований МГУ, январь 2021 - март 2021, октябрь 2021 - декабрь 2021, 7-9 классы

Под руководством **Н.И.Шакуры** и **С.Ю.Шугарова** П.Ю. Голышева в феврале 2021 г. успешно защитила **кандидатскую диссертацию** по специальности 01.03.02 - Астрофизика и звездная астрономия (физ.-мат. науки) в совете [МГУ.01.02](#) МГУ имени М.В. Ломоносова, Государственного астрономического института имени П.К.Штернберга

Под руководством **С.Ю. Шугарова** студентка **А. Кирсанкина** в мае 2021 г. успешно защитила **дипломную работу** по теме «Исследование звезды типа WZ Sge V3101 Cyg методами UBVRi фотометрии».

## 2022

**К.В.Бычков** • Физическая астрономия. Механика  
6 сентября 2022 - 20 декабря 2022 г., факультативная, лекции, 36 часов, осенний семестр 1-го первого курса.

**К.В.Бычков** Физическая астрономия. Атомы  
10 февраля 2022 - 12 мая 2022 г. факультативная, лекции, 34 часов – весенний семестр 2-го курса

**К.В.Бычков** Излучение космического газа  
9 сентября 2022 - 9 декабря 2022 г. факультативная, лекции, 36 часов – осенний семестр 3-го курса

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

**Сейфина Е.В.** – в весеннем семестре 2022 года 32-часовой **спецкурс** «Рентгеновская астрономия: теория и наблюдения» для студентов-астрономов 4-5 курсов и магистрантов физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

**Е.В. Сейфина** – 2 курса лекций на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках Межфакультетских учебных курсов МГУ: «Рентгеновская астрофизика: гипотезы и открытия» (2022 г., осенний семестр 2022/2023 уч. года) и «Космические тайны рентгеновского неба» (2022 г., весенний семестр 2021/2022 уч. года).

**Е.В. Сейфина** имеет авторство 5 учебных курсов.

**А.М.Черепашук** прочел осенний семестровый **спецкурс** (32 часа) для студентов и магистров Астрономического отделения физфака МГУ на тему "Тесные двойные системы".

**А.М.Черепашук** руководство двумя аспирантами:

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

## 2023 –

**И. И. Антохин** – руководство **курсовой** работой студента 4 курса Якименко Д. А.

**К.В.Бычков, спецкурсы :**

5 сентября 2023 - 19 декабря 2023 – Физическая астрономия. Механика  
5 сентября 2023 - 19 декабря 2023 – Историческое единство физики и астрономии  
4 сентября 2023 - 18 декабря 2023 – Физическая астрономия. Электромагнетизм  
10 февраля 2023 - 12 мая 2023 – Нестационарные процессы в космосе  
7 февраля 2023 - 16 мая 2023 – Единство физики и астрономии. Термодинамика

**Е. В. Сейфина** – спецкурс «Рентгеновская астрономия: теория и наблюдения» для студентов-астрономов 4–5 курсов и магистрантов физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. (32 час), весенний семестр 2023 г.

**Е. В. Сейфина** – курс лекций на физическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова в рамках Межфакультетских учебных курсов МГУ: «Рентгеновская Вселенная» (2023 г., осенний семестр 2023/2024 уч. года).

**Е. В. Сейфина** – автор 6 учебных курсов.

**А. М. Черепашук** – спецкурс «Тесные двойные системы» (32 часа, 1 семестр) для студентов-астрономов 5-го курса физического факультета МГУ.

**А. М. Черепашук** – руководит работой двух аспирантов Астрономического отделения: И. А. Шапошникова, 2-й год обучения и Е. В. Бекесова, 3-й год обучения.

**2024 –**

**И.И. Антохин** руководил курсовой работой студента 4 курса Данилы Якименко, успешно защищенной 30 мая 2024 года.

**А.И. Богомазов, соавторство в задачнике для школьников** (учебная литература МГУ) : В.В. Абрамова, М.Р. Ахмедов, А.И. Богомазов, М.В. Кузнецов, С.В. Панферов, С.Ф. Савин, А.М. Савчук, И.В. Садовничай, С.В. Соловьев, С.С. Чесноков, М.В. Шеблаев, И.А. Шейпак, М.В. Юмашев, А.В. Ярцев, «Задачи олимпиады "Ломоносов" по профи-лю КОСМОНАВТИКА 2019–2024 гг.» (с подробными решениями) / под общей редакцией И.В. Садовничай.

**К.В. Бычков** руководил аспирантом третьего года обучения В.А. Малютиним.

**К.В. Бычков** прочитал следующие курсы для астрономов МГУ им. М.В. Ломоносова, Гос. астрономический ин-т им. П.К. Штернберга:

13 февраля 2024–14 мая 2024 «Излучение атомов в космосе», факультативная, лекции, 34 часов;

8 февраля 2024–17 мая 2024 «Термодинамика в астрономии», факультативная, лекции, 34 часов;

7 сентября 2024–14 декабря 2024 «Нестационарное излучение космической плазмы», факультативная, лекции, 34 часов

7 сентября 2024–14 декабря 2024 «Классическая механика в астрономии», факультативная, лекции, 34 часов;

2 сентября 2024–16 декабря 2024 «Электромагнетизм в астрономии», факультативная, лекции, 34 часов

**Е.В. Сейфина** прочла для студентов-астрономов 4–5 курсов и магистрантов физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова спецкурс «Рентгеновская астрономия: теория и наблюдения», весенний семестр 2024 г., 32 часа.

**Е.В. Сейфина** прочла на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова в рамках Межфакультетских учебных курсов МГУ курс лекций: «Рентгеновское небо» (осенний семестр 2024 г.).

**Е.В. Сейфина** автор 7 учебных курсов.

**Е.В. Сейфина** руководит подготовкой студента в магистратуре физического факультета МГУ.

**А.М. Черепашук** прочитал спецкурс для студентов-астрономов 5 курса физического факультета МГУ «Тесные двойные системы», осенний семестр, 32 часа.

**А.М. Черепашук** руководит работой двух аспирантов астрономического отделения физического факультета МГУ: И.А. Шапошникова (3-й год обучения) и Е.В. Бекесова (4-й года обучения).

**А.М. Черепашук** руководит работой дипломницы – студентки 6-го курса астрономического отделения физического факультета МГУ К.А. Лызенко.

### **Научно-популяризаторская деятельность**

**2020** – **А.М.Черепашук** дал несколько интервью в средствах массовой информации, в том числе, на телеканале РОССИЯ-1 и на Портале Научная Россия, в связи с присуждением Нобелевской премии 2020 г. за открытие черных дыр Пенроузу, Генцелю и Гез.

**2021** – **Кацова М.М., Соколов Д.Д.** «Солнечная и звездная активность в ожидании сюрпризов», Земля и Вселенная, № 3, с. 39-51 (2021).

**Постнов К.А., Черепашук А.М.** «Черные дыры, сингулярности и центр Галактики», Земля и Вселенная, № 1, с. 5-22 (2021).

**2023** – **Сейфина Е.**, «Масса за горизонтом событий», Наука и жизнь, вып.8, с.1-10 (2023),

[https://www.nkj.ru/archive/articles/48471/index.php?mobile=N&ELEMENT\\_ID=48471](https://www.nkj.ru/archive/articles/48471/index.php?mobile=N&ELEMENT_ID=48471)

**Черепашук А. М.**, «60 лет рентгеновской астрономии: первый прорыв в исследованиях черных дыр», Земля и Вселенная, вып. 4, с.9-27 (2023).

#### **2024 – Сейфина Е.В. – Выступления в СМИ**

**1 октября 2024 г.** Аккрецирующие нейтронные звезды и белые карлики различаются по спектру рентгеновских вспышек (интернет-издание «Элементы»)

[https://elementy.ru/novosti\\_nauki/434263/Akkretsiruyushchie\\_neytronnye\\_zvezdy\\_i\\_belye\\_karliki\\_r\\_azlichayutsya\\_po\\_spektru\\_rentgenovskikh\\_vspyshek](https://elementy.ru/novosti_nauki/434263/Akkretsiruyushchie_neytronnye_zvezdy_i_belye_karliki_r_azlichayutsya_po_spektru_rentgenovskikh_vspyshek)

#### **Интервью в интернет-изданиях:**

**9 сентября 2024 г.** «В МГУ нашли способ отличить белые карлики от нейтронных звезд» (ТрВ-Наука) <https://www.trv-science.ru/2024/07/astronovosti-30-jul/>

**6 сентября 2024 г.** «Найден способ отличать белые карлики от нейтронных звезд» (Информационное агентство ТАСС)

[https://nauka.tass.ru/nauka/21421681?utm\\_source=google.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=google.ru&utm\\_referrer=google.ru](https://nauka.tass.ru/nauka/21421681?utm_source=google.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=google.ru&utm_referrer=google.ru)

**23 июля 2024 г.** «Решена одна из ключевых проблем науки: астрономы научились различать белые карлики и нейтронные звёзды» (Правда.ру)

<https://www.pravda.ru/news/science/2070074-mgu/>

**23 июля 2024 г.** «Российские астрономы разгадали двадцатилетнюю загадку: найден способ, как отличить белые карлики от нейтронных звезд» (Дзен) <https://dzen.ru/a/Zp-lxI3cDxosYWAG>

**22 июля 2024 г.** «Новая методика позволяет различать белые карлики и нейтронные звезды. Как астрофизикам удастся решить старые проблемы?» (Научно-информационный портал ПОИСК)

<https://poisknews.ru/astronomiya/novaya-metodika-pozvolyaet-razlichat-belye-karliki-i-nejtronnye-zvezdy-kak-astrofizikam-udaetsya-reshat-starye-problemy/>

**22 июля 2024 г.** «Найден способ отличить белые карлики от нейтронных звезд» (Российская академия наук) <https://new.ras.ru/activities/news/nayden-sposob-otlichit-belye-karliki-ot-nejtronnykh-zvezd/>

22 июля 2024 г. Астрономы МГУ нашли способ отличить белые карлики от нейтронных звезд (Официальный сайт МГУ имени М. В. Ломоносова) <https://msu.ru/news/novosti-nauki/astronomy-mgu-nashli-sposob-otlichit-belye-karliki-ot-nejtronnykh-zvezd.html>

19 февраля 2024 г. How to distinguish white dwarf and neutron star X-ray binaries during their X-ray outbursts? (WJP) <https://wjphysics.com/archivedetail/2/2023/1>

## Гранты.

**29 марта 2017 - 31 декабря 2021.** Грант РФФ "Нестационарность звезд и звездных систем на ключевых стадиях эволюции: мониторинг на 2.5 метровом телескопе ГАИШ МГУ", Государственный астрономический институт имени П.К.Штернберга, Руководитель: **Черепашук А.М.** Ответственные исполнители: **Антохин И.И., Ламзин С.А., Шатский Н.И.** Участники НИР: **Антохин И.И., Антохина Э.А., Белинский А.А., Белова О.М., Додин А.В., Желтоухов С.Г., Ламзин С.А., Масленникова Н.А., Сафонов Б.С., Татарникова А.А., Татарников А.М., Шатский Н.И.**

**16 октября 2020 г. - 31 декабря 2021 г.** Междисциплинарная научно-образовательная школа Московского университета "Фундаментальные и прикладные исследования космоса" (ГАИШ). Руководитель НИР: Черепашук А.М. Ответственные исполнители: Белинский А.А., Жаров А.А., Постнов К.П., Сильченко О.К., членов коллектива - 60.

**А.И.Богомазов, НИР "Путешествие в мир космических исследований",** госбюджет, раздел 0110, внесено в "Истину", 14.12.2020-30.06.2021, (*астрономия для кадетов*)

**М.М.Кацова – руководитель гранта РФФИ 19-02-00191а, 1 января 2019 - 31 декабря 2021** **Супервспышки и цикличность как этапы эволюции солнечно-звёздной активности**, членов коллектива – 6.