

РЕФЕРАТ

Целью работ, проводимых по данной теме, является комплексное исследование физических процессов, происходящих в галактиках и в их системах, основанное на интерпретации данных наблюдений и реализации наблюдательных программ, а также на численном моделировании физических процессов в галактиках, определяющих характер их эволюции.

Изучение процессов, наблюдаемых в галактиках, представляет актуальное направление современной астрофизики, поскольку галактики являются фундаментальными единицами в структуре Вселенной, в которых сосредоточено основное количество наблюдаемой материи. Исследование галактик и их систем – это доминирующее направление в наблюдательных программах на всех крупных телескопах мира. В России практически единственным большим телескопом мирового уровня является 6-метровый телескоп Специальной астрофизической обсерватории (САО РАН), используемый при выполнении настоящей темы, а также 2.5-метровый телескоп в КГО (МГУ). Из зарубежных инструментов в 2022 г. использовался 2.5-м телескоп SDSS обсерватории Apache Point (США), а также материал, полученный ранее на зарубежных телескопах в рамках работы над Темой.

При выполнении темы привлекаются также данные наблюдений и базы данных, для которых имеется открытый доступ.

Суть подхода, реализуемого при выполнении темы – это комплексные спектральные и фотометрические исследования галактик и активных объектов в них (AGN, SN), их интерпретация и моделирование в рамках определенной физической картины эволюции звезд, звездных и газовых составляющих галактик с использованием как оригинальных, так и опубликованных в научной литературе наблюдательных данных.

ВВЕДЕНИЕ

Работа по данной теме направлена на исследование физических процессов, ответственных за формирование наблюдаемых структурных особенностей галактик разных типов, и наблюдаемых активных процессов в галактиках, связанных с выбросом большого количества энергии (AGN, SN). Галактики очень разнородны по своим физическим характеристикам и внутренней структуре, и отличаются разнообразием факторов, которые формируют их наблюдаемые особенности. Поэтому при исследовании физических процессов в галактиках требуются различные методические подходы к их исследованию в зависимости от поставленных задач.

Научная тематика проведенных по теме исследований в основном касается процессов в дисковых галактиках. Она охватывает широкий круг научных задач, связанных с объяснением наблюдаемых особенностей галактик. Здесь в работе над темой выделяются два тематических сектора исследований.

Во-первых, - это динамика и структура звездно-газовых дисков, и вопросы их эволюции. Помимо исследования структуры (тонких и толстых компонент) звездных дисков нормальных галактик, отдельно рассматривались галактики с необычными свойствами дисков: взаимодействующие галактики, галактики с двумя, в том числе противоразворачивающимися, дисками, галактики со звездными дисками низкой яркости и/или протяженными газовыми дисками.

Во-вторых, - это активные процессы в галактиках. К ним относятся звездообразование, а также взрывные процессы (активность ядер галактик и взрывы сверхновых звезд).

По каждому из этих секторов в текущем году получены оригинальные результаты, расширяющие наши представления о физических процессах, ответственных за наблюдаемые свойства галактик.

Все материалы, связанные с наблюдениями на больших телескопах, выполнялись и публиковались в соавторстве с коллегами из обсерваторий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Можно выделить три направления работ в 2022 г.

Первое направление работ – это получение новой информации и анализ уже имеющихся данных, в том числе из литературных источников, касающихся звездообразования, динамики, и характеристик межзвездного газа в галактических дисках.

Второе направление работ – это исследование взаимодействующих систем галактик и галактик с противоразвращающимися дисками, происхождение которых также связано со взаимодействием.

Третье направление работ – это изучение активных нестационарных объектов в галактиках: мониторинг выбранных активных ядер галактик и моделирование вспышек Сверхновых.

. В последующих разделах раскрыты содержания основных результатов по указанным выше направлениям работ.

1. Звездообразование, динамика, и характеристики межзвездного газа в галактических дисках

Исследована пространственная закономерность в распределении молодого звездного населения вдоль спиральных рукавов трех спиральных галактик поздних типов: NGC 895, NGC 5474 и NGC 6946, основанное на анализе фотометрических параметров спиральных рукавов по данным ультрафиолетовой (GALEX), оптической UBVR_I, H-альфа и инфракрасной на 8 мкм (IRAC) поверхностной фотометрии. С помощью Фурье-анализа обнаружены признаки пространственной закономерности или квазирегулярности в распределении молодого звездного населения или (и) регулярных цепочек областей звездообразования с характерными масштабами в интервале от 350 до 500 пк в различных ветвях и (или) масштабами, кратными им. Статья опубликована в MNRAS 2022 (**Gusev, A. S.; Shimanovskaya, E. V.; Zaitseva, N. A**)

Проведен систематический поиск гигантских галактик низкой поверхностной яркости (gLSBGs) (уникальных систем с центральной яркостью слабее 22 звездной величины в фильтре В и радиусами до 130 кпк). Для этого использовался глубокий фотометрический обзор неба Hyper Suprime-Cam. Был разработан фотометрический метод отбора кандидатов в галактики низкой яркости и составлена выборка кандидатов в gLSBG-галактики с известными красными смещениями в обширной области неба в 120 квадратных градусов.. В результате было классифицировано 37 галактик, как gLSBGs, что соответствует частоте их встречаемости 4×10^{-5} Мpc⁻³. Результат хорошо согласуется с космологической симуляцией EAGLE. Публикация по этой работе проходит рецензирование в журнале MNRAS. (**Сабурова, Каспарова, Топтун, Катков, и др.**).

Изучена подвыборка галактик с истечением ионизованного газа, их связь со вспышкой звездообразования и около-галактического окружения. Показано, что истечение газа из центральных областей галактик связано с аккрецией газа на ранних стадиях взаимодействия с галактическими спутниками. Газ, особенно в галактиках малой массы, эффективно отбирается у спутников и переносится в центральные области, где его

дисперсия возрастает за счет неустойчивости и турбулентной диссипации, что приводит к истечению в около-галактическую среду.. Результаты работы опубликованы в статье **Bizyaev et al. (2022)**.

Сформирована выборка галактик, наблюдаемых с ребра, по данным обзора панорамной спектроскопии MaNGA/SDSS. Из 561 галактики отобрано 300 объектов, в которых газ систематически замедляет своё вращение с высотой над плоскостью диска (лаг-эффект). На примере полученной уникально большой выборки объектов данного типа показано, что величина лагов и их радиальные градиенты не зависят от интенсивности звездообразования. Отсутствие радиальных градиентов лагов в большинстве галактик, может быть обусловлено аккрецией газа из около-галактической среды. В то же время небольшое количество галактик с явными радиальными градиентами лагов одновременно показывают и следы недавнего взаимодействия со своими спутниками.

Результаты работы опубликованы в статье Veom et al (2022).**(Бизяев и др.2022)**

Завершена и доведена до публикации начатая ранее работа по изучению свойств галактик с аномально высокой массой нейтрального водорода (HI) для данной оптической светимости. На основании данных нескольких выборок галактик показано, что в пределах оптического радиуса галактик их оптические свойства, кинематика и содержание газа вполне нормальны для спиральных галактик, и все их наблюдаемые особенности связаны с протяженными внешними газовыми дисками. Было показано, что эти диски гравитационно устойчивы, но при этом на большом интервале радиальных расстояний параметр устойчивости Q_T сохраняется, как правило, примерно на одном уровне. Это позволяет предположить, что протяженные диски в таких галактиках при формировании дисков успела возникнуть трудно обнаружимая звездная составляющая низкой яркости. Подчеркивается сходство рассматриваемых галактик с гигантскими спиральными галактиками низкой яркости. **(Засов, Зайцева)**.

2. Исследование взаимодействующих систем галактик и галактик с противовращающимися дисками

Обнаружены и исследованы 10 галактик из выборки MANGA, содержащей 523 галактики, наблюдаемых с ребра, в которых звезды и газ вращаются в противоположных направлениях. Выяснено, что диски таких галактик обладают нормальной толщиной по сравнению с галактиками с обычной кинематикой диска, однако радиальные шкалы их звездных дисков при этом более короткие. Это интерпретируется как результат потери углового момента звездных дисков в процессе образования противовращающихся газовых дисков. . Результаты работы опубликованы в статье Veom et al (2022).**(Бизяев и др.)**.

Продолжалась работа по спектральному исследованию галактики PGC 66551 с противовращением. Полученные данные оптической спектроскопии с телескопом SALT показали нетипично низкий уровень металличности в основном диске этой галактики. В рамках простой модели химической эволюции было показано, что есть два варианта для воспроизведения низкой металличности основного диска: либо удаление газа после короткого звездообразования, например, в результате очень мощной активности AGN, либо сильный галактический ветер от сверхновых звезд, который уносит обогащенный металлами газ. Разрабатываемые программы расчета химической эволюции позволят на следующем этапе перейти к количественным оценкам. **(Катков)**.

Изучены выборка из 456 галактик с рассогласованием между кинематикой газа и звезд по динамическому позиционному углу. Найдено, что в таких галактиках обычно наблюдается более высокая концентрация вещества к центру и более низкие в среднем значения содержания газа и темпа звездообразования. Результаты интерпретируются как следствие аккреции газа на галактики и перераспределение углового момента в диске в результате столкновений газовых масс.

В двух галактиках выборки из обзора MANGA найдены по два газовых диска, отличающихся по динамическим позиционным углам как друг от друга, так и от звездных дисков. Эта нестационарная ситуация свидетельствует о продолжающейся газовой аккреции.

Результаты работы опубликованы в статьях Zhou...**Bizyaev** et al (2022) и Cao...**Bizyaev** et al (2022)(последняя работа – в Nature Astronomy).

Была завершена и доведена до публикации (по наблюдениям на БТА) работа по исследованию двух систем взаимодействующих галактик типа M51, сильно различающихся по массам звездных компонент, по содержанию газа и по плотности окружения - Agr68 и Agr58. Получены радиальные распределения скоростей и металличности ионизованного газа.. Металличность газа в Agr68 оказывается ниже, чем в Agr58 и чем ожидается для ее светимости, что может быть связано с особенностями эволюции, поскольку она расположена на краю войда, в то время как Agr58 находится в более плотном окружении. Получена оценка вклада звездного компонента и темного гало в полную массу Agr68. Фотометрический анализ областей звездообразования показал, что в областях между очагами звездообразования в Agr68 наблюдается смесь звёздного населения различных возрастов. Это говорит о наличии длительного звездообразования, проходящего с низкой интенсивностью на фоне старого звездного населения, в отличие от Agr58, где преобладают молодые звезды с возрастными в несколько десятком млн лет . Опубликовано в MNRAS 2022 (**Засов, Сабурова, Ландер, Егоров, Макаров**). _

3. Изучение активных нестационарных объектов в галактиках

Исследована повышенная активность блазара BL Lac с августа 2020 г. по март 2022 г. с максимумом в июле-августе 2021 г., которая проявляется в многочисленных вспышках во всех длинах волн с разным временным масштабом переменности. Наблюдения в оптическом диапазоне проводились на телескопах Крымской станции ГАИШ, а в максимуме активности – в Кавказской горной обсерватории (КГО ГАИШ МГУ). Были получены данные фотометрии в оптическом диапазоне и ближайшей инфракрасной области, а также поляриметрические данные. Подтвердилась высокая степень корреляции между оптическим и гамма-излучением и почти нулевое запаздывание оптики относительно гамма-излучения, а также между переменностью в оптическом и инфракрасном диапазонах. В обоих случаях это говорит о том, что излучающие области совпадают либо расположены очень близко друг к другу. Подготовлена статья в ПАЖ. (**Шимановская и др.**).

Исследована корреляция оптического и гамма-излучения блазара 3C 454.3 во время многоволновой вспышки в 2012-2017 гг. по объединённым данным SMARTS и Крымской станции ГАИШ (в оптическом диапазоне) и FERMI (гамма-излучение).. Запаздывание между переменностью в диапазонах BVR и гамма излучением почти нулевое, что свидетельствует о том, что оптическое и гамма излучение приходят предположительно, от основания джета и физически связаны. Предполагается наличие как синхротронного механизма излучения, так и обратного

комптоновского рассеяния на релятивистских электронах, а также на релятивистских протонах (для сильных вспышек). (Шимановская и др., тр.конференции 2022)

По данным обзора MaNGA и архивным радио и фотометрическим данным с HST проведены исследования взаимодействия между радио джетом и межзвездной средой в радиогалактике 4C+29.30. Были обнаружены области пекулярной кинематики ионизованного газа вдали от центра галактики (десятки кпк) Делается попытка построить консистентную модель взаимодействия джета с газом в этой галактике. С этой целью разрабатывается метод, который является расширенным 3d вариантом классических диагностических BPT диаграмм для индикации кинематически обособленных областей, например, при истечении истечений вещества под действием активного ядра или вспышек сверхновых. Работа продолжается (Катков)

Представлены результаты наблюдений и моделирования сверхновой типа II-P SN2019edo. Получена масса выброса $6.6 M_{\text{sun}}$, радиус пред-сверхновой ($500 R_{\text{sun}}$), и масса радиоактивного никеля-56 (около $0.05 M_{\text{sun}}$). Наилучшая модель получена в случае предсверхновой, окружённой оболочкой из звездного ветра с общей массой $\approx 0.01 M_{\text{sun}}$ и радиусом 10^{15} см. Выделение энергии во время взрыва составило 0.8×10^{51} эрг. Опубликовано в 2022 (Блинников и др.)

Представлены первые результаты комплексного сравнения различных кодов переноса излучения для моделей сверхновых (StaNDaRT). Были протестированы для четырех эталонных моделей выброса сверхновых типа Ia в общей сложности десять кодов, среди которых разработанный нами код STELLA, который показал хорошие результаты по сравнению с другими радиационными кодами. Он достаточно хорошо воспроизводит кривые блеска SN Ia до небулярной стадии, пока вещество не становится оптически прозрачным. Все результаты расчётов можно найти в публичном репозитории <https://github.com/sn-rad-trans>. Публикация в {2022arXiv220911671B, (Блинников и др.)

Продолжены исследования оптической, ультрафиолетовой и рентгеновской переменности NGC1566, самого близкого меняющего свой тип АГЯ (CL AGN). Были использованы данные обсерватории Swift и глобальной роботизированной сети MASTER за период 2007-2020 гг. Это продолжение исследований, опубликованных ранее в MNRAS (2019,2020), которые были заново обработаны с учетом последних версий программ и уточненной калибровки с добавлением новых данных на конец 2020 г. Были зафиксированы два изменения спектрального типа объекта. Обнаружено различие в переменности УФ и рентгена и увеличение отношения потоков в рентгене и УФ после главного максимума, а также 4 коротких повторных вспышки после главного максимума. Обсуждаются возможные интерпретации наблюдаемых изменений. Опубликовано статья в AN и отправлена в печать AzAJ. (Окнянский)

В течение 2022 продолжался фотометрический и спектральный мониторинг АГЯ меняющих свой спектральный тип: NGC2617, 4151, 3516, 3822, Mrk6, Mrk279 и других (Окнянский, Метлов, и др.). Наблюдения проводились на телескопах ГАИШ в Крыму и в КГО, телескопах MASTER, а также в сотрудничестве с Wyoming IR observatory (WIRO) и ШАО. Использовались также наблюдения на Swift по нашим заявкам. Исследована

переменность Mrk 6 в оптике, УФ и рентгене с 2010 по 2022гг. Обнаружено изменение спектрального типа этого объекта, как в оптическом спектре, так и в рентгеновском. В NGC3516 проанализирована переменность линий, а также изменение потока УФ и рентгеновского излучения источника. Последнее предположительно связано с тем, что поглощение в источнике уменьшилось. Обнаружено несколько изменений типа ядра за это время. Для NGC 2617 результаты измерения переменности можно интерпретировать, как следствие переменного поглощения пылью. Найдено запаздывание между рентгеновской и УФ переменностью ~ 1.5 дня. По этим результатам готовится публикация в MNRAS. . (Окнянский). В Mrk 279 обнаружена корреляция оптической и рентгеновской переменности, с запаздыванием оптической переменности на несколько дней. Работа продолжается (Окнянский и др.). В NGC3822 . была обнаружена новая вспышка. В спектре ядра обнаружены широкие эмиссионные линии характерные для Sy1. Работа опубликована в *The Astronomer's Telegram*. . (Окнянский и др.). В NGC4151 на основе ИК и оптической фотометрии, а также данных Swift обнаружены экстремальные вспышки и падения потока во всех длинах волн. Работа продолжается

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Результаты данного этапа НИР представляются значимыми. Завершены работы, начатые в на предыдущем этапе. К сожалению, погодные условия в текущем году не позволили в полной мере реализовать наблюдения, запланированные на телескопах на Кавказе и в Крыму.

Получен и частично обработан новый наблюдательный материал. Проведено исследование различных составляющих галактик – от внешних областей дисков до переменности активных ядер в различных областях электромагнитного спектра. Получены оригинальные результаты, касающиеся физических процессов, определяющих свойства галактик и их эволюцию. Разработана и доведена до реализации для нескольких наблюдавшихся галактик программа обработки спектральных наблюдений на телескопе КГО, используемая для получения распределения скоростей газа и относительной интенсивности линий вдоль щели (Ландер). Разрабатываются программы химической эволюции в применении к таким галактикам с противовращением (Катков и др.). Несколько членов команды принимали активное участие в работе со студентами, касающейся с методов и задач исследования галактик: лабораторные работы (Засов, Зайцева, Петроченко, Дивлекеев), чтение лекций по физике галактик (Засов), руководство научной работой студента (Катков).

Статьи в журналах

1. Beom, Minje, **Bizyaev, Dmitry**, Walterbos, Rene A. M. and Chen, Y-M. "SDSS IV MaNGA: characteristics of edge-on galaxies with a counter-rotating gaseous disc" // MNRAS, Vol. 516, p. 3175, 2022
2. **Bizyaev, D.**, Walterbos, R., Chen, Y-M, et al. "SDSS-IV MaNGA - gas rotation velocity lags in the final sample of MaNGA galaxies" // MNRAS, Vol. 515, p. 1598, 2022
3. **Blinnikov, Sergei**; Yudin, Andrey; Kramarev, Nikita; Potashov, Marat "Stripping Model for Short Gamma-Ray Bursts in Neutron Star Mergers" // Particles, Vol. 5, pp. 198-209, 2022
4. Blondin, Stéphane; **Blinnikov, Sergei** et al. "StaNdaRT: A repository of standardized test models and outputs for supernova radiative transfer" // Accepted A&A, arXiv:2209.11671
5. Bondar, A. E.; **Blinnikov, S. I.**; Bykov, A. M.; Dolgov, A. D.; Postnov, K. A. "X-ray signature of antistars in the Galaxy" // Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Volume 2022, id.009, 2022
6. Borisov, Sviatoslav; Chilingarian, Igor; Rubtsov, Evgenii; Ledoux, Cédric; Melo, Claudio; Grishin, Kirill; **Katkov, Ivan**; Goradzhyanov, Vladimir; Afanasiev, Anton; **Kasparova, Anastasia**; **Saburova, Anna** "New Generation Stellar Spectral Libraries in the Optical and Near-Infrared I: The Recalibrated UVES-POP Library for Stellar Population Synthesis" // Subm. ApJS, arXiv:2211.09130B
7. Cao, Xiao, Chen, Yan-Mei, Shi, Yong, Bao, Min, Moiseev, Alexei, **Bizyaev, Dmitry**, Li, Song-Lin, Fernandez-Trincado, Jose G., Riffel, Rogemar A., Riffel, Rogerio, Lane, Richard R. "Multiple gas acquisition events in galaxies with dual misaligned gas disks" // Nature Astronomy, tmp211C, 2022
8. **Dmitry Bizyaev**, Yan-Mei Chen, Yong Shi, Namrata Roy, Rogerio Riffel, Rogemar A. Riffel, Jose G. Fernandez-Trincado "SDSS IV MaNGA -- Star-Formation Driven Biconical Outflows in Face-On Galaxies" //MNRAS, Vol. 516, p. 3092, 2022
9. **Gusev, A. S.**; **Shimanovskaya, E. V.**; **Zaitseva, N. A.** "Spatial regularity of the young stellar population in spiral arms of late-type galaxies NGC 895, NGC 5474, and NGC 6946" // MNRAS, Vol. 514, pp. 3953–3964, 2022
10. **Oknyansky V.L.** "Changing looks of the nucleus of the Seyfert galaxy NGC 1566 compared with other changing-look AGNs" // Astronomische Nachrichten, Vol. 343, p. 1-7
11. **Oknyansky V.**, Ikonnikova N., Burlak M., Tsygankov S.S. "Changing Look NGC 3822 continues the outburst" // The Astronomer's Telegram, № #15350, p. 1-1
12. **Saburova, Anna S.**; Chilingarian, Igor V.; Kulier, Andrea; Galaz, Gaspar; Grishin, Kirill A.; **Kasparova, Anastasia V.**; **Toptun, Victoria**; **Katkov, Ivan Yu.** "The volume density of giant low surface brightness galaxies" // Subm. MNRAS, arXiv:2209.09906
13. Tsvetkov, D. Yu.; Belinsky, A. A.; Ikonnikova, N. P.; Burlak, M. A.; Volkov, I. M.; Pavlyuk, N. N.; Baklanov, P. V.; **Blinnikov, S. I.**; Ushakova, M. G.; Echeistov, V. A. "SN 2019edo: A Type II-P Supernova with a Fast Brightness Rise and a Short Plateau Phase" // Astronomy Letters, Vol. 48, p. 209-221, 2022
14. Tsvetkov, D. Y.; Pavlyuk, N.; **Metlov, V. G.**; Volkov, I. M.; Belinski, A.; Ikonnikova, N.; Burlak, M. A. "Photometric Observations of the Type II-L Supernova SN 2020mmz" // Peremennye Zvezdy, Vol.42, no. 8, p. 44-50, 2022
15. Yuren Zhou, Yanmei Chen, Yong Shi, **Dmitry Bizyaev**, Hong Guo, Min Bao, Haitong Xu, Xiaoling Yu and Joel R. Brownstein "SDSS-IV MaNGA: Global Properties of Kinematically Misaligned Galaxies" // MNRAS, Vol. 515, p. 5081, 2022
16. **Zasov, Anatoly V.**; **Saburova, Anna S.**; Egorov, Oleg V.; **Lander, Vsevolod Yu**; Makarov, Dmitry I. "Arp 58 and Arp 68: two M 51-type systems" // MNRAS, Vol. 516, pp.656-667, 2022
17. Сильченко О.К., Моисеев А.В., **Гусев А.С.**, Козлова Д.В. "Кинематика и происхождение газа в дисковой галактике NGC 2655" // Астрофизический бюллетень, т. 77, №4, с. 441-451

18. **Засов А.В., Зайцева Н.А.** “ГАЛАКТИКИ С АНОМАЛЬНО ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ГАЗА В ДИСКЕ” // АЖ, т. 99, №9, с. 707-718m 2022

Труды конференций

1. Demianenko, Mariia; Grishin, Kirill; **Toptun, Victoria**; Chilingarian, Igor; **Katkov, Ivan**; Goradzhyanov, Vladimir; Kuzmin, Ivan "Optical Variability of "Light-weight" Supermassive Black Holes at a Few Percent Level from ZTF Forced-Photometry Light Curves" // to appear in the proceedings of the XXXI Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) conference (published by ASP).
2. Demianenko, M.; Grishin, K.; **Toptun, V.**; Chilingarian, I.; **Katkov, I.**; Goradzhyanov, V.; Kuzmin, I. "Optical light curves of light-weight supermassive black holes produced by the Zwicky Transient Facility Forced Photometry Service" // Astronomy at the Epoch of Multimessenger Studies, Proceedings of the VAK-2021 conference, held 23-28 August, 2021, pp. 359-361
3. Goradzhyanov, V.; Chilingarian, I.; **Katkov, I.**; Grishin, K.; **Toptun, V.**; Kuzmin, I.; Demianenko, M. "Optical spectroscopic observations of intermediate-mass black holes and their host galaxies: the MBH – σ^* relation" // Astronomy at the Epoch of Multimessenger Studies, Proceedings of the VAK-2021 conference, held 23-28 August, 2021, pp. 367-369
4. **Saburova, A.**; Chilingarian, I.; **Kasparova, A.**; Sil'chenko, O.; **Katkov, I.**; Grishin, K.; Uklein, R. "Observational insights on the formation scenarios of giant low surfacebrightness galaxies" // Astronomy at the Epoch of Multimessenger Studies, Proceedings of the VAK-2021 conference, Aug 23-28, 2021, pp.395-397
5. **Toptun, V.**; Chilingarian, I.; Grishin, K.; **Katkov, I.**; Zolotukhin, I.; Goradzhyanov, V.; Demianenko, M.; Kuzmin, I. "Confirmation of intermediate-mass black holes candidates with x-ray observations" // Astronomy at the Epoch of Multimessenger Studies, Proceedings of the VAK-2021 conference, held 23-28 August, 2021, pp. 304-306
6. Ugol'kova L., **Shimanovskaya E.**, Larionov V., Savchenko S., Grishina T., **Ezhkova O.**, Kopatskaya E., Larionova E., Larionova L., Morozova D., Nikiforova A., Troitsky I. "On the correlation between optical and γ -ray emission of the blazar 3C 454.3 during the multi-wavelength flare from 2012 to 2017" // Astronomy at the Epoch of Multimessenger Studies, Proceedings of the VAK-2021 conference, held 23-28 August, 2021, P. 383-385
7. **Zasov, A.**; Khoperskov, A.; **Zaitseva, N.**; Khrapov, S. "When dwarf galaxies turn to be spiral?" // Astronomy at the Epoch of Multimessenger Studies, Proceedings of the VAK-2021 conference, held 23-28 August, 2021, pp.422-424
8. **Zasov, A.**; **Saburova, A.**; Egorov, O. "Sites of star formation in tidal structures" // Astronomy at the Epoch of Multimessenger Studies, Proceedings of the VAK-2021 conference, held 23-28 August, 2021, pp.419-421

Книги

1. Алексеев С.О. и др. (в том числе, **Блинников С.И.** и **Засов А.В.**) «Многоканальная астрономия» // ДМК Пресс Москва, ISBN 978-5-89818-128-4, 528 с.
2. Батурин В.А. и др. (в том числе **Засов А.В.**) «Астрономия: век XXI / Ред.-сост. В. Г. Сурдин - 4-е изд. испр» // ДМК Пресс Москва, ISBN 978-5-89818-127-7, 622 с.
3. Батурин В.А. и др. (в том числе **Засов А.В.**) «Астрономия: век XXI, 5-е изд. // Ред.-сост. В. Г. Сурдин» // ДМК Пресс Москва, ISBN 978-5-93700-172-6, 570 с.