

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук
(САО РАН)**

**Отчет по основной референтной группе 5 Исследования космоса, астрофизика и
астрономия**

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Инфраструктура научной организации

1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности науч- ных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструк- торские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

2. Информация о структурных подразделениях научной организации

ОПТИЧЕСКИЙ СЕКТОР

Лаборатория астроспектроскопии (научное подразделение): изучение химического состава, динамического состояния звездных атмосфер, вращения звезд методами спектроскопии высокого разрешения; разработка и создание спектральной аппаратуры для телескопов САО РАН и для других обсерваторий.

Лаборатория внегалактической астрофизики и космологии (научное подразделение): исследования структуры Вселенной до 10-15 Мпк, состава групп галактик, космических пустот, звездных популяций близких карликовых галактик, их возраста и химического состава; разработка и создание каталогов и баз данных близких, прежде всего карликовых галактик, каталогов изолированных галактик и групп галактик, галактик, видимых с ребра.

Лаборатория исследований звездного магнетизма (научное подразделение): исследования магнитных и других пекулярных звезд различных типов и родственных им объектов, их эволюции, атмосфер и аномалий химического состава. В лаборатории развивается новая тематика по исследованию экзопланет.



Лаборатория спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов (научное подразделение): исследование активных галактических ядер, строения и кинематики различных типов галактик, галактик и квазаров на больших красных смещениях, гравитационных линз; разработка и создание спектральной, фотометрической и поляриметрической аппаратуры как для телескопов САО РАН, так и для других обсерваторий.

Лаборатория физики звезд (научное подразделение): исследование тесных двойных звезд с релятивистским или вырожденным компонентами, сверхкритических аккреционных дисков, массивных звезд на критических стадиях эволюции, населения массивных звезд в галактиках, магнетизма звезд.

Лаборатория перспективных разработок (научно-техническое подразделение): разработка и создание высококачественных ПЗС-систем на основе новых принципов и подходов, направленных на повышение фотометрических характеристик и универсальности при использовании различных типов твердотельных приемников изображения (как для телескопов САО РАН, так и для других учреждений России). Разработка программного обеспечения управления системой сбора и обработки изображений; разработка и внедрение методов обработки сигналов в реальном времени.

Лаборатория обеспечения наблюдений (научно-техническое подразделение): техническое сопровождение плановых наблюдений на телескопах БТА и Цейсс-1000, выполнение работ по модернизации их систем управления; изучение тесных двойных звездных систем, находящихся на последних стадиях эволюции, ультракомпактных катаклизмических переменных, Сверхновых звезд.

Группа изучения внегалактических систем (научное подразделение): изучение скоплений галактик и звездного населения одиночных близких галактик.

Группа методом астрономии высокого разрешения (научное подразделение): разработка, создание и развитие аппаратуры для наблюдений методом спекл-интерферометрии на БТА; исследование звезд, кратных звездных систем, астероидов на основе спекл-интерферометрических наблюдений.

Группа релятивистской астрофизики (научное подразделение): исследование быстропеременных объектов, гамма-всплесков и взрывов сверхновых с высоким временным разрешением; изучение временной эволюции периодов вращения радиопульсаров; поиск одиночных чёрных дыр звёздных масс; разработка и создание координатно-чувствительного детектора с микросекундным временным разрешением; обеспечение работы и анализ данных, получаемых с широкопольной мониторинговой системы высокого временного разрешения Mini-MegaTORTORA (КФУ) с целью поиска быстрых оптических транзиентов.

Служба эксплуатации комплекса БТА (научно-техническое подразделение): обеспечение наблюдений; модернизация узлов телескопа, автоматизация управления телескопом и научной аппаратурой; совершенствование методов контроля оптики; регламентные технические работы; мониторинг метеопараметров окружающей среды и подкупольного пространства; хозяйственная деятельность, энерго и водоснабжение комплекса БТА.



РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЙ СЕКТОР

Лаборатория радиоастрофизики (научное подразделение): радиообзоры неба, их моделирование, исследования остатков сверхновых и переменных радиоисточников, микроквazarов и мониторинг активных галактических ядер; создание и поддержка радиоастрономической базы данных CATS, системы SED, информационной системы по радиогалактикам, системы обработки обзоров всего неба GLESP, поддержка системы обработки наблюдений записей в континууме, а также антенные измерения и расчеты диаграммы направленности телескопа, точного позиционирования облучателей на разных антеннах РАТАН-600.

Лаборатория радиометров континуума (научно-техническое подразделение): разработка радиометрических приемных комплексов, техническое обслуживание их в ходе наблюдательных программ, постоянная модернизация радиоаппаратуры.

Группа автоматизированных систем РАТАН-600 (научно-техническое подразделение): разработка, внедрение и сопровождение аппаратно-программных средств и комплексов автоматизированной системы управления Главным отражателем РАТАН-600, представленного многоэлементной антенной переменного профиля. Выполняются работы по модернизации, развитию и сопровождению единого комплекса автоматизации радиотелескопа в целом.

Группа антенных измерений (научно-техническое подразделение): геодезическое сопровождение радиотелескопа, юстировка, выставление в проектное положение элементов антенны геодезическими и радиотехническими методами; исследования по определению фактического положения элементов антенны Главного зеркала и вторичных зеркал; измерения опорной геодезической сети телескопа; проверка и корректировка отражающей поверхности отдельных элементов антенны, определение их кинематических характеристик.

Группа наблюдений континуума (научно-техническое подразделение): обеспечение и сопровождение плановых наблюдательных программ, проводимых на радиотелескопе, оперативное управление наблюдательным процессом; систематический контроль процесса установки антенны радиотелескопа, состояния приемно-измерительной аппаратуры и штатных программ визуализации, погодных условий; организация подготовительных процедур.

Группа наблюдений Солнца (научное подразделение): наблюдения радиоизлучения Солнца на РАТАН-600 проводятся на многих частотах в диапазоне от 1 до 30 ГГц, сопровождение архива наблюдательных данных Солнца.

Служба эксплуатации РАТАН-600 (научно-техническое подразделение): подготовка и обеспечение производства круглогодичного планового, текущего и аварийного обслуживания, профилактики и ремонта механического и электросилового оборудования, рельсовых путей, кабельных линий и линий электропередач антенного комплекса РАТАН-600; обеспечение надлежащего состояния оборудования и сооружений комплекса; улуч-



шение эксплуатационных характеристик оборудования радиотелескопа с учётом внедрения новых технологий и модернизации.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ

Лаборатория радиоастрономических исследований (научно-техническое подразделение): исследование радиоастрономическими методами Солнца и планет (солнечная корона, процессы аккумуляции и высвобождения энергии, тонкая структура плазменных образований на Солнце), Галактики (облачная структура и кинематика межзвездной среды, Метагалактики (поиск предельно далеких радиоисточников, реликтовый фон, ранняя Вселенная); инструментальное, методическое и технологическое сопровождение уникального радиотелескопа РАТАН-600; развитие методов радиоастрономических наблюдений; разработка и внедрение приемной радиоастрономической аппаратуры.

ЛАБОРАТОРИЯ ИНФОРМАТИКИ (научно-техническое подразделение):

научная и научно-техническая деятельность в области автоматизации научного эксперимента, применения средств и методов инфокоммуникационных технологий в фундаментальных астрофизических исследованиях, разработки средств, методов и технологий управления экспериментом, обработки и анализа экспериментальных данных, включая распределённые, гетерогенные и данные сверхбольшого объёма (Big Data).

3. Научно-исследовательская инфраструктура

Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук (САО РАН) образована в 1966 году как центр коллективного пользования под строящиеся крупнейшие в мире телескопы и в настоящее время является крупнейшим российским астрономическим центром наземных наблюдений объектов Вселенной и имеет статус центра коллективного пользования (ЦКП ID 3083 на сайте skp-rf.ru), проводит наблюдения по программам многих российских и зарубежных исследователей.

Основные инструменты обсерватории: оптический телескоп БТА (Большой Телескоп Азимутальный) с диаметром главного зеркала 6 м и радиотелескоп РАТАН-600 (РадиоТелескоп Академии Наук) с кольцевой многоэлементной антенной диаметром 600 м - относятся к уникальным научным установкам России (Большой телескоп альт-азимутальный ID 73609 и Радиотелескоп РАТАН-600 ID 73603 на сайте skp-rf.ru). Телескопы имеют статус инструментов открытого коллективного пользования, допускающий широкую интеграцию с мировым астрономическим сообществом. Время наблюдений на них распределяет Национальный комитет по тематике российских телескопов (<https://www.sao.ru/hq/Komitet/>).

6-метровый телескоп БТА, приборы и методы наблюдений:

ОЗСП - основной звездный спектрограф в фокусе Нэсмит-2;

НЭС - эшелле-спектрометр высокого разрешения в фокусе Нэсмит-2;

цифровой спекл-интерферометр в первичном фокусе;

SCORPIO - многорежимный фокальный редуктор первичного фокуса;



SCORPIO-2 - универсальный спектрограф в первичном фокусе;

MPPP - многоцветный панорамный фотометр-поляриметр с высоким временным разрешением в первичном фокусе.

Описание методов представлено на <https://www.sao.ru/Doc-k8/Telescopes/bta/instrum/>

Радиотелескоп РАТАН-600: радиометрические комплексы

Радиометры континуума в кабине N1

Спектральный комплекс в кабине N2

Солнечный спектральный комплекс в кабине N3

Радиометр на волне 8.0 см в кабине N6

Радиометр на волне 1.0см в проекте "Космологический Ген"

Описание представлено https://www.sao.ru/hq/lran/ratan/ratan_r.html

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЪЕКТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

1. Исследование базовых свойств галактик Местного объема и обнаружение значительного недостатка массивных карликовых галактик в Местном Объеме по сравнению со стандартной космологией.

Опубликован каталог 869 близких галактик с расстояниями в пределах 11 Мпк или с лучевыми скоростями менее 600 км/с (Karachentsev I.D., Makarov D.I., Kaisina E.I., "Updated Nearby Galaxy Catalog", 2013, AJ, 145, 101). Он является обновленной и расширенной версией Каталога Соседских Галактик ("Catalog of Neighboring Galaxies", 2004, AJ, 127, 2031). Каталог создан на основе постоянно пополняемой базы данных «Галактик Местного Объем» (<http://www.sao.ru/lv/lvgdb>). Данная репрезентативная выборка близких галактик является ключевой для изучения вопросов формирования и эволюции галактик и структур во Вселенной. Создание каталога, ограниченного по расстоянию, чрезвычайно сложная задача ввиду огромного различия галактик по светимости, размерам, поверхностной яркости и другим параметрам. Только в ближней Вселенной возможно изучение карликовых галактик, наиболее многочисленных представителей мира галактик, но при этом незаметные на больших расстояниях из-за своей малой светимости. Около 300 галактик выборки имеют высокоточные оценки расстояния, что позволяет изучать распределение и кинематику материи на шкале до 10 Мпк. В каталоге представлены данные о наблюдательных свойствах галактик (угловой диаметр, видимые звездные величины и т.д.) и физические параметры, такие как светимость, динамическая, звездная и водородная масса, и характеристика их локального окружения. База данных "Галактик Местного Объем" предоставляет доступ к данным H- α обзора близких галактик, выполненного на 6-м телескопе САО РАН. Обсуждены особенности Хаббловского разбегания внутри Местного Объем и различные соотношения между глобальными параметрами галактик. Предложена новая классификация карликовых галактик. Прослежено изменение с расстоянием средней плотности звездной и водородной массы, а также темпа звездообразования в галактиках. Выборка галактик Местного Объем (расстояние менее 10 Мпк) дает уникальную возмож-



ность изучать свойства галактик вплоть до наиболее слабых объектов: абсолютная звездная величина $M_B = -10$ и вириальная масса $M_{vir} \approx 10^9 M_\odot$. Обнаружено, что стандартная Λ CDM модель чрезвычайно точно описывает функцию распределения круговых скоростей галактик для массивных объектов ($V_{circ} \geq 70$ км/с и $M_{vir} \geq 5 \times 10^{10} M_\odot$), но завышает в 5 раз количество карликовых галактик с круговыми скоростями $V_{circ} \sim 30-40$ км/с. Столь большой избыток предсказанных крупных карликовых галактик с массами $M_{vir} \approx 10^{10} M_\odot$ в поле создает сложную проблему: чтобы оказаться потерянными, эти галактики должны быть экстремально низкой поверхностной яркости, без звездообразования и нейтрального водорода. К настоящему моменту, не обнаружено ни одной подобной галактики. (Klypin et al., "Abundance of field galaxies", 2015, MNRAS, 454, 1798)

2. Исследование высотной структуры корональных магнитных полей на Солнце и радиоастрономический прогноз вспышечной активности.

В области физических исследований атмосферы Солнца по его радиоизлучению на РАТАН-600 получены результаты, возможность которых определяется геометрическими особенностями радиотелескопа. Благодаря развитию методов измерения корональных магнитных полей по высокоточным спектрально-поляризационным наблюдениям получены новые данные об их тонкой высотной структуре в активной области по стереоскопическим наблюдениям. Выявлена тонкая спиральная структура корональных магнитных полей на недостижимых ранее малых пространственных масштабах (до 0.3×10^6 м) и неоднородная структура, расходящаяся с высотой. Исследованы свойства микровсплесков в дециметровом диапазоне волн, обнаруженные на уровне потока излучения около 0.001 с.е.п. (солнечные единицы потока), показана их связь с генерацией нетеплового излучения в вершинах корональных петель. Микровсплески регистрируются в спектрах поляризации на РАТАН-600. Это направление открывает возможности детальных исследований комплекса всплесков разных типов и шумовых бурь, наблюдающихся в метровом диапазоне на малых инструментах. Внедрен в регулярное использование радиоастрономический прогноз вспышечной активности на основе подробного анализа спектра интенсивности и поляризации излучения активных областей на Солнце с высокой чувствительностью по потоку излучения (<http://www.spbf.sao.ru/prognoz/>). Проводится мгновенное тестирование активности всех активных областей за одно сканирование диска Солнца. (Bogod, V.M., Yasnov L.V., On altitude structure of centimeter-wave radio emission of solar active regions, 2013, Astrophysical Bulletin, Volume 68, Issue 3, pp.347-351)

3. Торможение остывания сильно намагниченных белых карликов их магнитными полями.

Представлено объяснение феномену, согласно которому экстремально сильные магнитные поля чаще встречаются у холодных (старых) белых карликов, чем у молодых. Объяснение получено на основании астрофизических наблюдений одной из таких звезд - WD1953-011. В результате этих наблюдений (в том числе на 6-м телескопе БТА) были впервые получены детальные карты распределения магнитного поля и яркости/темпера-



туры по поверхности белого карлика. Теоретический анализ этих распределений позволил сделать заключение о том, что сильные магнитные поля практически полностью останавливают конвективный вынос энергии из недр этих звезд к их поверхностям, существенно тормозя их эволюционное остывание. Это торможение и создает наблюдаемый избыток сильномагнитных холодных (старых) белых карликов по сравнению с молодыми звездами этого класса. Показано, что магнитные белые карлики с наиболее сильными полями и температурами поверхностей менее 6000 К являются одними из самых старых из наблюдаемых звезд Галактики, произошедших из реликтовых звезд промежуточных масс. Это выделяет самые холодные из сильномагнитных белых карликов в группу звезд, которую можно использовать для изучения реликтовых процессов звездообразования нашей Галактики. (Valyavin G.G., Shulyak D., Wade G., Burlakova T.E., Burenkov A.N. et al. Suppression of Cooling by Strong Magnetic Fields in White Dwarf Stars, 2014, Nature, Vol. 515, N. 7525, P. 88-91)

4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований

САО РАН располагает 2 архивами наблюдательных оптических и радиоданных. Реализована поддержка веб-доступа в информационно-поисковую систему общего архива наблюдательных данных <https://www.sao.ru/oasis/cgi-bin/fetch?lang=ru>.

Архив оптических наблюдательных данных содержит 19 цифровых коллекций (начиная с 1996 г.): БТА – 11, Цейсс-1000 – 3, Цейсс-600 – 1.

Архив наблюдательных радиоданных: 1 коллекция с 1996 по 1999 гг., спектрально-поляризационные наблюдения Солнца – 1 коллекция с 1997 г. (кол-во наблюдений: 33298, объем: 30010 МБ), наблюдения континуума - с 1982 года (кол-во наблюдений -515140), 3 коллекции с выполненной координатной привязкой прямых снимков.

Пополняются 10 коллекций, остальные хранятся.

Общее число файлов – 598355,

общее число записей – 1145901,

оптические диски – 275.

Пополнение 2013-2015 гг.- 106592 файлов.



7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

САО РАН – единственная в Карачаево-Черкесской республике организация, подведомственная ФАНО России, ведущая фундаментальные научные исследования, крупнейший научный центр Юга России. Суммарная стоимость объектов науки САО РАН превышает 100 млн. долларов в сопоставимых ценах, а телескопы обсерватории остаются единственными поставщиками научной информации в области наземной астрономии. Такой статус определяет во многом выделенное положение САО РАН в регионе как научного, технического и культурного центра.

Высокий уровень научно-преподавательского состава САО РАН позволяет осуществлять тесное взаимодействие с образовательными учреждениями Юга России – федеральными университетами, университетами и академиями Карачаево-Черкесии. Оно проявляется в организации базовых кафедр в ряде вузов, организации практик студентов физико-математического профиля, участии в переподготовке преподавателей общеобразовательных школ. Помимо организации научных мероприятий по темам исследований, ведущихся в САО РАН, мы часто становимся местом проведения научно-практических конференций и семинаров по всем видам научно-технических работ – от сельскохозяйственных наук до гуманитарных исследований.

Выигрышным является и географическое положение – непосредственно рядом с научным поселком САО находится историко-археологический комплекс «Нижний Архыз», привлекающий много посетителей. Часть ценнейших экспонатов, имеющих историческую ценность, хранятся в музее САО РАН. В связи с развитием горнотуристического кластера «Архыз» наблюдается и рост посетителей наших основных научных объектов. Сотрудники САО РАН активно популяризируют достижения отечественной науки и техники в ходе экскурсий на наши объекты, через средства массовой информации – газеты, ТВ и ИНТЕРНЕТ.

Хозяйственная деятельность САО РАН также оказывает непосредственное влияние на жизнь региона. Так, благодаря прокладке магистрального газопровода до пос. Нижний Архыз за счет средств Российской академии наук в настоящее время обеспечивается газоснабжение ряда населенных пунктов республики и туристического кластера «Архыз».

Объекты САО РАН расположены вблизи особо охраняемых территорий Тебердинского биосферного заповедника. Этот факт, как и требования по работе уникального научного астрономического комплекса, задают высокие экологические стандарты в нашей работе и содержании нашей среды обитания.

8. Стратегическое развитие научной организации

ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ САО РАН НА 2016-2020 ГОДЫ

Место САО РАН в создаваемой организационной структуре науки



Основной тезис – сохранение ведущей роли САО РАН как основного наблюдательного центра страны при всех возможных вариантах реструктуризации сети научных учреждений путем объединений и слияний. Лидирующие позиции САО РАН обусловлены как техническим – у нас сосредоточены основные наблюдательные возможности страны, так и человеческим потенциалом – наши сотрудники обладают уникальным опытом самостоятельного обслуживания и развития инструментальных комплексов, в то же время оказывая содействие работе других наблюдательных обсерваторий страны и развивая собственные научные направления исследований.

САО РАН может стать центром объединения обсерваторий страны, расположенных в основном в южных регионах и по историческим причинам – она создавалась и все годы действует как центр коллективного пользования. Имеет место и логистический фактор – все основные астрономические инструменты, за исключением ряда радиотелескопов, находятся к западу и востоку от нас на расстоянии 400-900 км.

Кроме того, САО РАН в силу указанных причин могла бы (да и должна) стать связующим звеном в задаче интеграции российской астрономии в мировую.

Тематика научно-исследовательских работ

Как показывает опыт, тематика НИР, проводимых в научно-исследовательских институтах, является достаточно консервативной, претерпевая изменения либо в случае изменений персонального плана, либо в случае появления кардинально новых задач. Вместе с тем, курс на кратное расширение конкурсного финансирования из различных фондов с одновременным уменьшением базовой части может существенно ускорить процесс перемен в тематике работ Обсерватории. Научная администрация совместно с Ученым советом должны быть готовы оперативно реагировать на новые вызовы, своевременно корректируя как научную тематику, так и соответствующую ей научную структуру.

Реконструкция и создание новых наблюдательных средств

Задачу создания новых наблюдательных средств для УНУ БТА и РАТАН-600 следует рассматривать как первоочередную в рамках проектов технического развития. Ее выполнение позволит поддержать высокий уровень проводимых у нас астрофизических исследований, сохранив работоспособность телескопов на ближайшие 25-30 лет. Основные работы планируются по повышению эффективности работы БТА за счет создания новых инструментов, расширения спектрального диапазона и внедрения крупноформатных приемников и средств адаптивной оптики, проектированию и созданию нового широкоугольного оптического телескопа, модернизации комплекса РАТАН-600 и его вовлечению в качестве соисполнителя в проект Национального гелиофизического комплекса.

Настоящая программа предполагает выполнение следующих работ до 2020 года:

- Создание и ввод в строй звездного спектрометра высокого разрешения с оптоволоконным входом, работы по которому ведутся с 2015 года при поддержке гранта Российского научного фонда.



- Разработка охлаждаемого спектрометра инфракрасного диапазона на базе детектора HAWAII-2 с возможностью перехода к применению более эффективного приемника излучения типа HAWAII-4RG.

- Создание средств адаптивной оптики для частичной компенсации атмосферных искажений при проведении спектральных исследований в нэсмитовских фокусах.

- Планомерная замена приемников оптического излучения по мере их морального и физического старения, с постепенным переходом к мозаичным приемникам формата вплоть до 10Кх10К.

- Постройка нового широкоугольного оптического телескопа с диаметром зеркала 3-4 метра рядом с расположением УНУ БТА для обеспечения астрофизических исследований в широких полях (до 1.5 градусов), поддержки задач УНУ БТА, апробации новых вариантов наблюдений.

- Модернизация парка радиометров РАТАН-600, начатая несколько лет назад, должна быть продолжена, имея целью смещение в коротковолновую часть, повышение надежности работы, снижение издержек по их обслуживанию, улучшение общих шумовых параметров тракта регистрации.

- Реконструкция антенного хозяйства РАТАН-600 включает в себя замену приводной техники элементов Главного зеркала, опорно-двигательных механизмов и средств их контроля, а также завершение работ по созданию принципиально новой автоматизированной системы управления антенной радиотелескопа. Решение этой задачи обусловлено требованиями новых задач детектирования объектов слабого космического радиоизлучения, детектирования быстрых активных процессов в Солнечной атмосфере, освоения режима быстрой радиофотометрии, продления ресурса инструмента, снижения эксплуатационных издержек.

- Увеличение точности позиционирования антенны и вторичных зеркал РАТАН-600, точности определения кинематических характеристик элементов Главного зеркала, освоение новых методов юстировки поверхностей радиотелескопа.

Решение кадровой проблемы

Как и все институты ФАНО, САО РАН стоит перед серьезной кадровой проблемой: обеспечить успешное решение стоящих перед нами задач в условиях старения основного кадрового ядра.

Предлагаются следующие пути решения:

- Подготовка молодых специалистов-астрофизиков: работа со студентами ведущих вузов страны – проведение летних практики и стажировок, вовлечение аспирантов в решение ключевых программ Обсерватории.

- Подготовка инженерного персонала: укрепление связей с техническими вузами – практики и стажировки студентов и аспирантов, проведение НИР с кафедрами вузов, ориентация работ базовых кафедр на решение технических проблем САО РАН.



В результате нами ожидается ежегодный прием на работу 2-3 специалистов астрономического профиля, 3-5 инженеров различного профиля. Рабочие места для них должны создаваться как в рамках нового конкурсного финансирования, так и за счет высвобождения бюджетных мест сотрудниками пенсионного возраста.

Инфраструктурные и инновационные проекты

Цель таких проектов: создание условий для производства в промышленных масштабах высокотехнологичных изделий, разрабатываемых в научных лабораториях САО РАН, реальное снижение издержек на энергоснабжение, обеспечение полноценного дистанционного доступа ко всем информационным ресурсам САО.

Основные задачи:

- Передача технологий, разрабатываемых в САО РАН в предприятия реального сектора с проведением авторского надзора над их внедрением.
- Развитие установок, использующих возобновляемые источники энергии, реализация инфраструктурных проектов САО, обеспечивающих реальную экономию энергоресурсов.
- Реконструкция вычислительных средств и компьютерных сетей, создание систем хранения данных, получаемых на нем емкостью до 100 Тбайт, внедрение специализированных вычислительных средств для обработки больших потоков данных с общей мощностью до 10 Тфлопс.

В результате этого ожидается: обеспечение скоростного доступа в реальном времени для внешних пользователей к ресурсам САО РАН, снижение реального энергопотребления на 10-15% по сравнению с 2015 годом, реализация трансфера технологий

Интеграция в мировое научное сообщество

9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год

Информация не предоставлена

10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»

Информация не предоставлена

11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год

GLORIA (GLObal Robotic telescopes Intelligent Array for e-Science, Глобальный Интеллектуальный Массив Роботических Телескопов для электронной науки).

Фонд поддержки- European Union 7th Framework Programme (FP7/2007-2013), соглашение номер 283783



Тема: Создание и поддержка инфраструктуры для публично доступной сети роботических телескопов, а также пропаганда и распространение астрономических знаний

Координатор:

Universidad Politécnica de Madrid (Spain).

Участники – соисполнители:

Astronomical Institute of Academy of Sciences of the Czech Republic (Czech Republic), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Spain), Czech Technical University (Czech Republic), Institute of Physics of the Academy of Sciences of the Czech Republic (Czech Republic), Instituto de Astrofísica de Canarias (Spain), Istituto Nazionale di Astrofisica (Italy), Special Astrophysical Observatory of Russian Academy of Sciences (Russia), University College Dublin (Ireland), University of Chile (Chile), Universidad de Málaga (Spain), University of Oxford (United Kingdom), Uniwersytet Warszawski (Poland)

Сроки реализации: 1.10.2011-30.09.2014

Описание полученных результатов:

В рамках проекта создана первая свободно доступная крупномасштабная сеть роботических телескопов, объединяющая 13 инструментов: пять в Испании, два в Чили, один в Аргентине, две в Чехии, один в Южной Африке и два в России. Сеть основана на технологиях Web 2.0, позволяющая пользователям вести собственные астрономические исследования, наблюдая на роботических телескопах и/или анализируя данные, полученные другими пользователями GLORIA либо доступные в других открытых базах данных, таких, как Европейская Виртуальная Обсерватория.

Организовано сообщество пользователей — самая важная часть проекта GLORIA. Доступ к сети инструментов открыт для всех, имеющих выход в интернет и веб-браузер — не только для профессиональных учёных, но для любого, интересующегося астрономией. Протоколы и методология:

- ~ управление роботическими телескопами, а также сопутствующими инструментами и оборудованием — камерами, системами фильтров, куполами ит.д.;
- ~ предоставление интернет-доступа к сети GLORIA — доступа к произвольному количеству роботических телескопов через веб-портал;
- ~ проведение онлайн-экспериментов, что дает возможность организовывать специализированные веб-окружения для управления телескопами при проведении специфичных научных исследований;
- ~ проведение оффлайн-экспериментов, что дает возможность организовывать специализированные веб-окружения для анализа астрономических данных, полученных сетью GLORIA или из других баз данных.

В рамках российского сегмента проекта в школах, астрономических кружках, вузах популяризировались задачи ГЛЮРИИ, проводились занятия по освоению возможностей проекта, были прочитаны популярные лекции по астрономии.



Именно в САО был создан включенный в сеть многоканальный телескоп ММТ (9-канальный мониторинговый телескоп высокого временного разрешения) и адаптирован для использования в ней 40-сантиметровый рефлектор ТАУ для автоматической фотометрии). Сотрудники обсерватории разрабатывали программы удаленного доступа к инструментам ГЛОРИИ, организовывали проведение астрономических экспериментов,

Создана и поддерживается русскоязычная версия сайта проекта ГЛОРИЯ (<http://gloria-project.eu/ru/>).

Созданы русскоязычные версии материалов по следующим выдающимся астрономическим явлениям, для наблюдения которых были организованы экспедиции в рамках проекта ГЛОРИЯ, — Прохождение планеты Венера по диску Солнца в 2012 году, Полярные сияния 2012, 2013, 2014 годов, Солнечные затмения 2012, 2013 годов, Лунное затмение 2014 года.

Разработаны русскоязычные версии учебно-дидактических материалов для изучения различных астрономических явлений. Подготовлены и обеспечены прямые интернет-трансляции астрономических явлений для русскоязычных любителей астрономии. Созданы русскоязычные версии WEB-приложений проекта ГЛОРИЯ.

В 2013-2015 гг. действовало 11 международных договоров о сотрудничестве со следующими учреждениями:

- Белградская астрономическая обсерватория (Сербия);
- Бюраканская астрофизическая обсерватория НАН Армении;
- Главная астрономическая обсерватория НАНУ (Украина);
- Институт радиоастрономии им. Макса Планка (Германия);
- Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко (Украина);
- Лионская обсерватория Университета Клода Бернара Лион-1 (Франция);
- Международный центр астрономических и медико-экологических исследований Национальной академии наук Украины;
- Обсерватория Рамон Мария Аллер (г. Сантьяго де Компостела, Испания);
- Обсерватория Туорла и радиоастрономическая обсерватория Метсахови (Финляндия);
- Ужгородский национальный университет (Украина);
- Шамахинская астрофизическая обсерватория (Азербайджан).

НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований

12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год

I. ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВЕЗД

Основные результаты:



1. Торможение остывания сильномагнитных белых карликов их магнитными полями.

Представлено объяснение феномену, согласно которому экстремально сильные магнитные поля чаще встречаются у холодных (старых) белых карликов, чем у молодых. Объяснение получено на основании астрофизических наблюдений одной из таких звезд - WD1953-011. В результате этих наблюдений (в том числе, на 6-м телескопе БТА) были впервые получены детальныe карты распределения магнитного поля и яркости/температуры по поверхности белого карлика. Теоретический анализ этих распределений позволил сделать заключение о том, что сильные магнитные поля практически полностью останавливают конвективный вынос энергии из недр этих звезд к их поверхностям, существенно тормозя их эволюционное остывание. Это торможение и создает наблюдаемый избыток сильномагнитных холодных (старых) белых карликов по сравнению с молодыми звездами этого класса. Показано, что магнитные белые карлики с наиболее сильными полями и температурами поверхностей менее 6000 К являются одними из самых старых из наблюдаемых звезд Галактики, произошедших из реликтовых звезд промежуточных масс. Это выделяет самые холодные из сильномагнитных белых карликов в группу звезд, которую можно использовать для изучения реликтовых процессов звездообразования нашей Галактики.

2. Объяснение природы ультраярких рентгеновских источников.

Ультраяркие рентгеновские источники (ULX) были открыты во внешних галактиках 15 лет назад. Эти объекты излучают в рентгеновском диапазоне в тысячи раз больше, чем самые яркие черные дыры нашей Галактики. Их природа до сих пор неизвестна.

Есть две интерпретации их природы: это черные дыры промежуточных масс со стандартными аккреционными дисками или это сверхкритические аккреционные диски с черными дырами звездных масс, рентгеновское излучение которых коллимировано в канале сверхкритического диска.

В оптическом диапазоне эти объекты очень слабы, от 21 до 23 звездной величины, но именно оптические спектры могут объяснить природу ULX, поскольку их оптическое излучение не коллимировано. Мы получили спектры ближайших ULX: 4 объекта наблюдались на телескопе Subaru (Гавайи), 2 объекта - на 6-м телескопе БТА и 3 объекта (южное небо) - на телескопе VLT (ESO, Чили). Спектры этих источников были нами обработаны по архивным данным. Это объекты ULX, спектры которых когда-либо были получены. Оказалось, что все 9 объектов обладают уникальным спектром звезд редкого типа - это спектр единственного в Галактике сверхкритического аккреционного диска SS433. Этот же спектр соответствует редким звездам типа WN Lh, такой спектр наблюдается у звезд типа LBV (яркие голубые переменные) в горячей фазе. Вывод: ULX - однородный класс объектов, и их природа - это сверхкритические аккреционные диски в двойных системах с черными дырами звездных масс.



3. Обнаружение и исследование переменности спектра высокоширотного ИК-источника IRAS01005+7910.

Переменность оптического спектра ИК-источника IRAS01005+7910 впервые обнаружена по спектрам БТА (2000-2002). В 2002-2013 гг. выполнен многолетний спектральный мониторинг объекта с высоким разрешением ($R=60000$). Определены спектральный класс центральной звезды, $B1.5 \pm 0.3$, фундаментальные параметры ($\log L/L_{\text{sun}}=3.6$, $T_{\text{eff}}=21500$ К) и химический состав ее атмосферы ($\text{Fe}/\text{H} \approx 0.3$, $\text{C}/\text{O} > 1$). Отождествлены абсорбции, формирующиеся в близфотосферных слоях, узкие оболочечные эмиссии и эмиссионно-абсорбционные профили, формирующиеся в переходных от фотосферы к оболочке областях (ветер), рассмотрена переменность их профилей и лучевой скорости. По положению симметричных и стабильных профилей запрещенных эмиссий [NI], [NII], [OI], [SII] и [FeII] определена системная скорость $V_{\text{sys}} \approx 50.5$ км/с. Присутствие запрещенных эмиссий [NII] и [SII] указывает на начало ионизации околосветной оболочки и близость стадии планетарной туманности. Диапазон различий лучевой скорости V_l по ядрам линий, ≈ 34 км/с, частично вызван деформациями профилей переменными эмиссиями. Перепад V_l по крыльям линий меньше, ≈ 23 км/с, и может быть следствием пульсаций или/и скрытой двойственности звезды. Деформации профилей абсорбционно-эмиссионных линий связаны с изменениями их абсорбционных составляющих из-за вариаций геометрии и кинематики в основании ветра.

Линия $\text{H}\alpha$ имеет ветровые профили типа PCyg III. Показано, что отклонения ветра от сферической симметрии невелики. Относительно низкая скорость ветра (в интервале 27-74 км/с для разных моментов наблюдений) и большая интенсивность длинноволновой эмиссии (превышение над уровнем континуума до 7 раз) характерны не для классических сверхгигантов, а для гипергигантов. IRAS01005+7910 — пример спектральной мимикрии маломассивной post-AGB звезды под массивный гипергигант.

ПУБЛИКАЦИИ:

1. Valyavin G.G., Shulyak D., Wade G., Burlakova T.E., Burenkov A.N. et al. Suppression of Cooling by Strong Magnetic Fields in White Dwarf Stars, 2014, Nature, Vol. 515, N. 7525, P. 88-91

IF=41.456,

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1038/nature13836

2. Fabrika S.N., Ueda Y., Vinokurov A.S., Sholukhova O.N., Shidatsu M. Supercritical Accretion Disks in Ultraluminous X-ray Sources and SS 433, 2015, Nature Physics, Vol. 11, pp. 551-553.

IF=20.147

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1038/nphys3348



3. Klochkova V.G., Chentsov E.L., Panchuk V.E., Sendzikas E.G., Yushkin M.V. Spectral variability of the IR-source IRAS01005+7910 optical component, 2014, *Astrophys. Bull.*, Vol.69, N.4, pp.439-453

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1134/S1990341314040063

4. Mathys G., Romanyuk I.I., Kudryavtsev D.O., Landstreet J.D., Pyper D.M., Adelman S.J., HD 18078: A very slowly rotating Ap star with an unusual magnetic field structure, 2016, *Astron. & Astrophys.*, Vol. 586, A85

IF=4.378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1051/0004-6361/201527476

5. Sholukhova O., Bizyaev D., Fabrika S., Sarkisyan A., Malanushenko V., Valeev A., New luminous blue variables in the Andromeda galaxy, 2015, *MNRAS*, Vol. 447, pp.2459-2467

IF=4.734

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1093/mnras/stu2597

II. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛАКТИК И ДРУГИХ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Основные результаты:

1. Исследование галактик Местного объема

Опубликован каталог 869 близких галактик с расстояниями в пределах 11 Мпк или с лучевыми скоростями менее 600 км/с (Karachentsev I.D., Makarov D.I., Kaisina E.I., "Updated Nearby Galaxy Catalog", 2013, *AJ*, 145, 101). Он является обновленной и расширенной версией Каталога Соседских Галактик ("Catalog of Neighboring Galaxies", 2004, *AJ*, 127, 2031). Каталог создан на основе постоянно пополняемой базы данных «Галактик Местного Объем» (<http://www.sao.ru/lv/lvgdb>). Данная репрезентативная выборка близких галактик является ключевой для изучения вопросов формирования и эволюции галактик и структур во Вселенной. Создание каталога, ограниченного по расстоянию, чрезвычайно сложная задача ввиду огромного различия галактик по светимости, размерам, поверхностной яркости и другим параметрам. Только в ближней Вселенной возможно изучение карликовых галактик, наиболее многочисленных представителей мира галактик, но при этом незаметные на больших расстояниях из-за своей малой светимости. Около 300 галактик выборки имеют высокоточные оценки расстояния, что позволяет изучать распределение и кинематику материи на шкале до 10 Мпк. В каталоге представлены данные о наблюдательных свойствах галактик (угловой диаметр, видимые звездные величины и т.д.) и физические параметры, такие как светимость, динамическая, звездная и водородная масса, и характеристика их локального окружения. База данных "Галактик Местного Объем" предоставляет доступ к данным H-alpha обзора близких галактик, выполненного на 6-м телескопе



САО РАН. В работе обсуждаются особенности Хаббловского разбегания внутри Местного Объемы и различные соотношения между глобальными параметрами галактик. Предложена новая классификация карликовых галактик. Прослежено изменение с расстоянием средней плотности звездной и водородной массы, а также темпа звездообразования в галактиках. Выборка галактик Местного Объемы (расстояние менее 10 Мпк) дает уникальную возможность изучать свойства галактик вплоть до наиболее слабых объектов: абсолютная звездная величина $M_B = -10$ и вириальная масса $M_{vir} \approx 10^9 M_\odot$. Обнаружено, что стандартная Λ CDM модель чрезвычайно точно описывает функцию распределения круговых скоростей галактик для массивных объектов ($V_{circ} \geq 70$ км/с и $M_{vir} \geq 5 \times 10^{10} M_\odot$), но завышает в 5 раз количество карликовых галактик с круговыми скоростями $V_{circ} \sim 30-40$ км/с. Столь большой избыток предсказанных крупных карликовых галактик с массами $M_{vir} \approx 10^{10} M_\odot$ в поле создает сложную проблему: чтобы оказаться потерянными - эти галактики должны быть экстремально низкой поверхностной яркости, без звездообразования и нейтрального водорода. К настоящему моменту, не обнаружено ни одной подобной галактики. (Klypin et al., "Abundance of field galaxies", 2015, MNRAS, 454, 1798). Открыта чрезвычайно изолированная карликовая сфероидальная галактика KKS3, находящейся на расстоянии 2.12 ± 0.07 Мпк от Млечного Пути. Как правило, бедные газом сфероидальные системы со старым звездным населением располагаются в центральных областях групп и скоплений. Предполагается, что концентрация подобных объектов вокруг гигантских галактик обусловлена процессами потери газа при взаимодействии с массивным соседом, что подавляет образование звезд. Если эти процессы являются первостепенными при формировании карликовых сфероидальных галактик, то они не должны встречаться в областях пониженной плотности, вдали от массивных галактик. Поиск и открытие изолированных сфероидальных карликов представляет большой интерес для космологии, учитывая малое наблюдаемое число карликов с точки зрения ожиданий в стандартной космологической модели. Охота на изолированные сфероидальные объекты чрезвычайно трудна, так как требует обзора больших областей неба и высокой чувствительности инструментов. Эти объекты лишены нейтрального водорода и ярких областей звездообразования, и обычно не видны в радио и оптических обзорах. Только самые близкие сфероидальные галактики, несмотря на крайне низкую поверхностную яркость, могут быть обнаружены, если разрешаются на индивидуальные звезды. К настоящему моменту только одна изолированная сфероидальная карликовая галактика, KKR25, была найдена в окрестностях Местной Группы на расстоянии 1.93 Мпк. Она также была открыта в САО РАН в 1999 году.

2. Турбулентные движения газа в карликовых галактиках.

Измерения кривых вращения газовой подсистемы являются одним из основных каналов информации о распределении темного вещества в галактиках. Но при сравнении модельных расчетов с наблюдениями необходимо правильно учесть все факторы, влияющие на кинематику межзвездной среды. Особенно это важно в случае карликовых галактик, так как



наблюдаемая дисперсия скоростей (характеризующая величину хаотических движений ионизованного газа) в них может превышать наблюдаемую скорость вращения.

Методами панорамной спектроскопии со сканирующим интерферометром Фабри-Перо на 6-м телескопе САО РАН получен уникальный материал о движениях ионизованного газа в 58 близких карликовых галактиках. Построены карты распределения лучевых скоростей и дисперсии скоростей ионизованного газа в линии Н-альфа, включая диффузные области низкой поверхностной яркости. Анализ этих данных позволяет сделать вывод о том, что дисперсия скоростей ионизованного газа не связана с вириальными движениями в гравитационном потенциале карликовых галактик (ранее доминирующая в литературе точка зрения), а определяется той энергией, которая ``впрыскивается" в межзвездную среду в результате текущего звездообразования. Сравнение наших результатов с уже опубликованными в литературе измерениями показывает, что зависимость "темпы звездообразования — дисперсия скоростей" носит универсальный характер в широчайшем диапазоне масс и светимостей галактик, включая объекты на красных смещениях $z=2-3.5$.

3. Комплексное исследование блазаров в широком диапазоне электромагнитного спектра.

В результате систематического мониторинга на радиотелескопе РАТАН-600 создан интерактивный каталог (Mingaliev et al., 2014A&A...572A..59M) блазаров BLcat "RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lac objects", который в настоящее время содержит более 450 объектов и позволяет работать с радиоспектрами, кривыми блеска, спектральными индексами, параметрами переменности и данными из других диапазонов (www.sao.ru/blcat/).

Оценена корреляция потоков в радио и гамма-диапазонах (Mufakharov et al., 2015MNRAS.450.2658M). Результаты подтверждают выводы о взаимосвязи излучений в гамма и радиодиапазонах блазаров и не противоречат теоретическим предположениям о тесной взаимосвязи аккреционного диска и джета в таких объектах.

Исследована синхротронная компонента на кривых SED для выборки 877 блазаров (Mingaliev et al., 2015AstBu..70..264M). Оценены значения пиковых частот синхротронных компонент ν_{peak} для разных подклассов. Выявлено, что средние значения этой величины различны для квазаров с плоским спектром и лацертид, а сами величины ν_{peak} образуют статистически разные распределения.

Создан новый каталог 112 компактных внегалактических объектов – Gigahertz-Peaked Spectrum Sources (Mingaliev et al., 2013) содержащий параметры радиоспектров, переменности, оценки угловых размеров излучающих областей и радиосветимостей объектов. По ряду общепринятых критериев обнаружено всего 2% кандидатов в GPS из полной выборки ярких радиоисточников, в отличие от предсказанных 10%. Выявлен ряд статистических отличий в наблюдательных свойствах GPS-галактик и квазаров.

Для радиоисточника J0010+1058 определено среднее характерное время вспышек за тринадцатилетний период наблюдений на РАТАН-600. Оценены яркостная температура,



линейные и угловые размеры излучающей области, среднее время запаздывания вспышек на радиочастотах (Gorshkov et al., 2015 *AstBu.* 70..183G).

Характер переменности J0010+1058 соответствует модели, в которой вариации плотности потока являются результатом эволюции ударной волны, распространяющейся в джете.

ПУБЛИКАЦИИ:

1. Karachentsev I.D., Makarov D.I., Kaisina E.I. Updated Nearby Galaxy Catalog, 2013, *Astronomical Journal*, Vol. 145, N. 4, id. 101 (22 pp)

IF=4.052

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi:10.1088/0004-6256/145/4/101

2. Klypin A., Karachentsev I.D., Makarov D.I., Nasonova O.G. Abundance of Field Galaxies, 2015, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 454, pp. 1798-1810.

IF=4.734

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi:10.1093/mnras/stv2040

3. Moiseev A.V., Tikhonov A.V., Klypin A. What Controls the Ionized Gas Turbulent Motions in Dwarf Galaxies?, 2015, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 449, pp. 3568-3580

IF=4.734

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi:10.1093/mnras/stv489

4. Moiseev A.V. Ionized gas rotation curves in nearby dwarf galaxies, 2014, *Astrophys. Bull.*, Vol. 69, N.1, pp.1-20

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1134/S1990341314010015

5. Mufakharov T.V., Mingaliev M.G., Sotnikova Y.V., Naiden Y.V., Erkenov A.K. The Observed Radio/Gamma-Ray Emission Correlation for Blazars with the Fermi-LAT and the RATAN-600 Data, 2015, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 450, pp. 2658-2669

IF=4,734

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1093/mnras/stv772

III. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОНОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВСЕЛЕННОЙ

Основные результаты:

1. Особенности популяций радиогалактик в микроволновом диапазоне.

Исследованы свойства различных популяций радиогалактик в микроволновом диапазоне длин волн. Для радиисточников RCR-каталога, полученного на радиотелескопе



РАТАН-600, обнаружено различие сигнала микроволновых карт в области RCR-объектов в зависимости от радиоспектрального индекса источников. Для гигантских радиогалактик, формирующих дополнительную слабую фоновую анизотропную компоненту в миллиметровом диапазоне, обнаружены особенности сигнала в их окрестности, в отличие от других популяций объектов, а именно, наличие плоского спектра в миллиметровом диапазоне и отсутствие значимого сигнала в субмиллиметровом диапазоне.

2. Влияние разных компонент и механизмов на микроволновый фоновый сигнал.

Для изучения влияния разных фоновых компонент и механизмов, искажающих микроволновый фоновый сигнал, проведена корреляция карт микроволнового реликтового излучения ESA Planck с картами распределения галактик на различных красных смещениях по данным оптического обзора SDSS. Обнаружено, существование выделенных масштабов корреляций (2-3 град) на разных красных смещениях ($z=1-2$), которые соответствуют линейному размеру максимальной ячейки неоднородности (~ 60 Мпк). По данным отождествлений радиоисточников предложен новый метод селекции кандидатов в объекты типа Сюняева-Зельдовича на картах микроволнового фонового излучения, включающий анализ спектра радиоисточника и распределение сигнала СМВ.

ПУБЛИКАЦИИ:

1. Verkhodanov, O. V.; Majorova, E. K.; Zhelenkova, O. P.; Solovyov, D. I.; Khabibullina, M. L., Steep-spectrum sources of the RCR catalog in the millimeter and submillimeter ranges based on Planck data, 2015, *Astronomy Letters*, Volume 41, Issue 9, pp.457-472

IF1.432

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1134/S1063773715090066.

2. Verkhodanov, O. V.; Majorova, E. K.; Zhelenkova, O. P.; Khabibullina, M. L.; Solovyov, D. I.; Parijskij, Yu. N., Investigation of the RCR catalog sources in the millimeter and submillimeter ranges based on the Planck mission data, 2015, *Astrophysical Bulletin*, Volume 70, Issue 2, pp.156-182

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1134/S1990341315020030.

3. Parijskij, Yu. N.; Thomasson, P.; Kopylov, A. I.; Zhelenkova, O. P.; Muxlow, T. W. B.; Beswick, R.; Soboleva, N. S.; Temirova, A. V.; Verkhodanov, O. V., Observations of the $z = 4.514$ radio galaxy RC J0311+0507, 2014, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 439, Issue 3, p.2314-2322

IF=4.734

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1093/mnras/stu047.



4. Naiden, Ya. V.; Verkhodanov, O. V., Correlation properties of the WMAP CMB and 2MRS and SDSS catalogs at different redshifts, 2013, *Astrophysical Bulletin*, Volume 68, Issue 4, pp.471-480

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1134/S1990341313040093.

5. Planck Collaboration; Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Armitage-Caplan, C.; Arnaud, M.; Ashdown, M.; Atrio-Barandela, F.; Aumont, J.; Baccigalupi, C.; Banday, A. J.; and 245 coauthors, Planck 2013 results. XXIII. Isotropy and statistics of the CMB, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 571, id.A23, 48 pp. (2014)

IF=4,378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1051/0004-6361/201321534.

IV. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДЫ

1. Регистрация уникально яркой радиовспышки рентгеновской двойной с черной дырой V404 Cyg

15 июня 2015 г. началась вспышечная активность в оптической новой V404 Cyg (рентгеновской двойной GS2023+336), которая состоит из двух компонентов: черной дыры с массой около $10 M_{\odot}$ и оранжевого K0-субгиганта с массой $0.6 M_{\odot}$, заполняющего свою полость Роша и создающего аккреционный поток вещества на черную дыру. Эта двойная система с орбитальным периодом 6.5 дней находится на расстоянии около 7500 св. лет от Солнца. С 18 июня по 12 июля 2015 г. на радиотелескопе РАТАН-600 был проведен цикл измерений плотностей потока V404 Cyg на пяти частотах от 2.3 до 22 ГГц. В это время рентгеновский поток в диапазоне 15-300 кэВ (Swift/BAT и Интеграл) сильно менялся и почти в 1000 превышал поток в спокойном состоянии, которое продолжалось 26 лет с момента более слабой вспышки в 1989 году. В течение этого активного периода спектр радиоизлучения V404 Cyg был сильно переменным и по уровню потока (50-500 мЯн), и по наклону спектра (спектральный индекс варьировался от +0.6 до -0.8). 26 июня, спустя 2 часа после самого яркого рентгеновского события, радиопоток V404 Cyg вырос в 40 раз - от 100 мЯн в предыдущий день до 4 Ян, что в несколько раз превышало максимальный радиопоток вспышки 1989 года. Из радиоспектра этой рекордной вспышки было определено, что релятивистские электроны в системе генерируют оптически тонкое синхротронное излучение в диапазоне выше 4 ГГц (спектральный индекс -0.3) и оптически толстое синхротронное излучение в самопоглощении (спектральный индекс +2.5) на низких частотах. Судя по этим радиоданным, нами было зарегистрировано самое начало формирования релятивистского струйного выброса вещества из полюсов аккреционного диска во время близкой к критической аккреции вещества на черную дыру. Несомненно, эта рентгеновская двойная принадлежит к выборке релятивистских объектов - микрокварзаров. Спустя 14 дней радиопоток постепенно упал ниже порога обнаружения. Получены



кривые рентгеновского и радиоблеска, приведена лучшая аппроксимация измеренного спектра зависимостью для синхротронного излучения с низкочастотным завалом. Именно полученный спектральный индекс, равный $+2.5$ ($5/2$), указывает, что этот завал вызван самопоглощением, т.е. генерируемые релятивистскими электронами в синхротронном механизме радиофотоны поглощаются теми же самыми электронами.

2. Исследование особенностей условий распространения рентгеновского излучения вблизи микроквazarов.

Анализ быстрых вариаций рентгеновского потока в микроквазаре Cygnus X-3 дал основание полагать, что общая переменность в течение ярких вспышек может быть связана с двумя компонентами: гибридной комптонизацией и тепловым тормозным излучением. При этом на первую компоненту приходится основная доля переменности. Однако спектральная эволюция тепловой компоненты связана с изменением рентгеновского спектрального состояния. Пофазовая подгонка результатов показывает, что тепловая составляющая ограничивается двумя областями орбитальной фазы, противоположными друг другу, возможно, указывая на звездный ветер от звезды Вольфа-Райе (Koljonen et al., 2013IAUS..290..237K). По совместным данным PATAH-600 и данным установленного на японском модуле MKS инструмента MAXI, измеряющего в течение одного оборота рентгеновское излучение от объектов на всем небе, удалось показать, что именно в радиовспышках происходит кардинальное изменение условий распространения рентгеновского излучения вблизи микроквара GRS1915+105. Изменение возможно или из-за вариаций космической «погоды» в двойной системе - силы и плотности звездного ветра, или из-за вариаций темпа аккреции вещества с маломассивной M-звезды на массивную черную дыру (Punsly et al., 2014ApJ..783...6P).

3. Активность в микроквазаре SS433 по данным многочастотных наблюдений.

В течение программы наблюдений микроквара SS433 на PATAH-600 были обнаружены яркие вспышки с потоком выше 1.5 Ян (5 ГГц). Это оптически тонкие синхротронные события со спектральным индексом порядка -0.65 ± 0.1 . Интересно, что таких ярких вспышек было не больше десяти за всю историю исследований SS433. Впервые было проведено детальное сравнение кривых блеска SS433 с данными, полученными на 150 МГц на низкочастотном телескопе LOFAR (MNRAS, Broderick et al., 2015). В диапазоне ниже 300 МГц радиоизлучение ослабевает, то есть спектр отклоняется вниз от обычного степенного закона, вероятно из-за присутствия тепловых электронов в газовой оболочке вокруг этой двойной системы. Отмечена явная общая корреляция - чем выше потоки на высоких частотах, тем выше они в оптически толстой части спектра — на 150 МГц . Каждая вспышка в SS433 хорошо описывается кратковременной (меньше суток) генерацией релятивистских электронов в двух движущихся наружу от объекта сгустков вещества с последующей релаксацией радиоизлучения в течение 10-15 дней за счет адиабатического расширения. Прослеживается взаимная корреляция радиопотоков и рентгеновских потоков в диапазоне 15-50 кэВ. Имеется явная тенденция, что в период групповой вспышечной



активности, рентгеновский поток падает ниже уровня обнаружения, но некоторые отдельные радиовспышки коррелируют с подъемом рентгеновского потока.

Публикации:

1. Punsly, Brian; Rodriguez, Jérôme; Trushkin, Sergei A., Evidence of Elevated X-Ray Absorption before and during Major Flare Ejections in GRS 1915+105, 2014, The Astrophysical Journal, Volume 783, Issue 2, article id. 133, 6 pp.

IF=5,993

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1088/0004-637X/783/2/133.

2. Koljonen, Karri I. I.; Hannikainen, Diana C.; McCollough, Michael L.; Pooley, Guy G.; Trushkin, Sergei A.; Droulans, Robert, The X-ray spectral and timing properties of a major radio flare episode in Cygnus X-3, Feeding Compact Objects: Accretion on All Scales, 2013, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 290, pp. 237-238

SAO/NASA Astrophysics Data System
doi 10.1017/S1743921312019795.

3. Planck Collaboration; Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Alina, D.; Aniano, G.; Armitage-Caplan, C.; Arnaud, M.; Ashdown, M.; Atrio-Barandela, F.; Aumont, J.; and 186 coauthors, Planck intermediate results. XXI. Comparison of polarized thermal emission from Galactic dust at 353 GHz with interstellar polarization in the visible, 2015, Astronomy & Astrophysics, Volume 576, id.A106, 17 pp.

IF=4,378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1051/0004-6361/201424087.

4. Planck Collaboration; Ade, P. A. R.; Aghanim, N.; Alina, D.; Alves, M. I. R.; Armitage-Caplan, C.; Arnaud, M.; Arzoumanian, D.; Ashdown, M.; Atrio-Barandela, F.; and 193 coauthors, Planck intermediate results. XIX. An overview of the polarized thermal emission from Galactic dust, 2015, Astronomy & Astrophysics, Volume 576, id.A104, 33 pp.

IF=4,378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ
doi 10.1051/0004-6361/20142408

V. ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЦА И ОБЪЕКТОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Основные результаты:

1. Исследование высотной структуры корональных магнитных полей на Солнце.

В области физических исследований атмосферы Солнца по его радиоизлучению на РАТАН-600 получены результаты, возможность которых определяется геометрическими особенностями радиотелескопа. Благодаря развитию методов измерения корональных магнитных полей по высокоточным спектрально-поляризационным наблюдениям получены новые данные об их тонкой высотной структуре в активной области по стереоско-



пическим наблюдениям. Выявлена тонкая спиральная структура корональных магнитных полей на недостижимых ранее малых пространственных масштабах (до 0.3×10^6 м) и неоднородная структура, расходящаяся с высотой. Исследованы свойства микровсплесков в дециметровом диапазоне волн, обнаруженные на уровне потока излучения около 0.001 с.е.п. (солнечные единицы потока), показана их связь с генерацией нетеплового излучения в вершинах корональных петель. Микровсплески регистрируются в спектрах поляризации на РАТАН-600. Это направление открывает возможности детальных исследований комплекса всплесков разных типов и шумовых бурь, наблюдающихся в метровом диапазоне на малых инструментах.

2. Радиоастрономический прогноз вспышечной активности.

Внедрен в регулярное использование радиоастрономический прогноз вспышечной активности на основе подробного анализа спектра интенсивности и поляризации излучения активных областей на Солнце с высокой чувствительностью по потоку излучения (<http://www.spbf.sao.ru/prognoz/>). Проводится мгновенное тестирование активности всех активных областей за одно сканирование диска Солнца. На основе анализа многоволновой базы данных радиоастрономических наблюдений в диапазоне 3-18 ГГц в течение 24 цикла солнечной активности предложен и испытан новый критерий прогноза солнечной активности. В основе критерия лежит анализ нормализованного спектра стабильной активной области, по сравнению с которым определяется уровень активности вспышечной области. Критерий удовлетворительно работает для протонных событий и мощных вспышек рентгеновского класса: X, M и C большого уровня. Критерий обещает быть устойчивым, поскольку основан на применении большого количества одновременно используемых в наблюдении радиоволн.

3. Обнаружение понижения радиояркости циклотронного излучения над крупными пятнами.

По спектрально-поляризационным наблюдениям в микроволновом диапазоне волн обнаружено понижение радиояркости в о-моды (обыкновенная мода) циклотронного излучения над крупными пятнами, которое составляет около 1000-4000 К и является слабо-контрастным эффектом, наблюдаемым на фоне яркого излучения в необычной е-моды (~0.2 % от 2 МК). Эффект наиболее часто проявляется в ограниченном диапазоне частот (1.65-2.3 см). Помимо наблюдаемого пониженного значения радиояркости, как показали модельные расчеты и сопоставления со снимками групп пятен в линии He I 10830 Å, эта область характеризуется «разреженностью» корональной плазмы, плотность которой существенно понижена (в 2 раза) и ее свойства близки к свойствам корональных дыр. Такая аналогия позволяет предполагать, что эта область пониженной яркости образуется в результате истечения плазмы и может участвовать в формировании потоков солнечного ветра. С другой стороны, независимые измерения спектров поляризации циклотронного излучения позволяют получить новую информацию о структуре магнитного поля в глубине пятна.



Публикации:

1. Bogod, V.M., Yasnov L.V., On altitude structure of centimeter-wave radio emission of solar active regions, 2013, Astrophysical Bulletin, Volume 68, Issue 3, pp.347-351,

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi 10.1134/S1990341313030085

2. Golubchina, O. A.; Korzhavin, A. N., Distribution of centimeter-wave brightness temperature of solar polar region, 2013, Astrophysical Bulletin, Volume 68, Issue 2, pp.219-225

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi 10.1134/S1990341313020107

3. Opeikina L.V., Majorova E.K., Korzhavin A.N. Revisiting the Estimation of Solar Radio Emission Flux Densities, 2015, Astrophys. Bull., Vol. 70, N. 3, pp. 371-378

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi 0.1134/S1990341315030177.

4. Bogod V.M., Alissandrakis C.E., Kaltman T.I., Tokhchukova S.K. RATAN-600 Observations of Small-Scale Structures with High Spectral Resolution, 2015, Solar Physics, 290, 7-20

IF=4.039

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi 10.1007/s11207-014-0526-6.

5. Abramov-Maximov V.E., Borovik V.N., Opeikina L.V., Tlatov A.G., Dynamics of Microwave Sources Associated with the Neutral Line and the Magnetic-Field Parameters of Sunspots as a Factor in Predicting Large Flares, 2015, Solar Physics, 290, 53-77

IF=4.039

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi 10.1007/s11207-014-0605-8.

VI. МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕЛЕСКОПОВ ОБСЕРВАТОРИИ

Основные результаты:

1. Контроль поверхности главного зеркала БТА и температурный режим башни и главного зеркала БТА

Завершена работа по созданию системы контроля качества поверхности главного зеркала БТА для его приема на месте установки телескопа. Система предназначена для контроля ошибок торцевых и радиальных разгрузок зеркала. В июле 2015 году на телескопе БТА проводилась плановая работа по переалюминированию Главного зеркала. Были выполнены цикл измерений качества отражающего покрытия зеркала до переалюминирования и после. В качестве измерительного устройства был использован рефлектометр СТ7 (Otto Pregizer Optik). Благодаря его применению удалось определить значение коэффициента



отражения в диапазоне от 365 до 970 нм, что ранее не представлялось возможным. Проведен сопроводительный контроль и анализ работ по реконструкции рабочей поверхности первого главного зеркала БТА, выполняемых в цеху АО «ЛЗОС». Завершен анализ температурных данных, полученных с помощью систем температурного мониторинга главного зеркала БТА, подкупольного пространства и внешней среды. Рассмотрены факторы, влияющие на возникновение микротурбулентностей в призеркальном слое воздуха и внутри подкупольного пространства, изменение фокусного расстояния телескопа с изменением температуры его конструкций, изменение качества изображения из-за температурных градиентов в объеме главного зеркала БТА. Рассмотрены используемые в различных обсерваториях методы снижения влияния микротурбулентностей. Сформулированы предложения по улучшению работающей в настоящее время системы температурного мониторинга, а также системы автоматической регулировки фокусного расстояния телескопа для компенсации теплового «ухода» фокуса во время наблюдений.

2. Новая система контроля 1-м телескопа САО РАН с возможностью управления наблюдениями через «Интернет»

В 2013 году в САО завершено создание системы управления многозадачного 1-м телескопа «ZEISS-1000», предполагающей использование наблюдательных методов телескопа в режиме местного или удаленного управления. Без остановки инструмента осуществлена замена силовых приводов и датчиков положения на осях телескопа, реконструирована система энергоснабжения.

Все электрические приводы главных осей телескопа и купола башни управляются через электронные блоки частотных преобразователей серверной программой. Помимо этого эта программа управляет всеми операциями на телескопе, включая контроль времени, электропитания, освещения, метеорологических условий и др. Достигнута полная унификация с системой управления БТА в аппаратной части. Узлы системы объединены посредством промышленной полевой шины CANbus и беспроводной связи WiFi.

Замена устаревших датчиков осей телескопа в сочетании с использованием новой АСУ позволила в несколько раз повысить точность наведения и слежения телескопа (около 5 угл.сек. по обеим координатам). Как следствие, существенно улучшена точность слежения телескопом, что позволило получать глубокие снимки в фильтрах с экспозициями до 30 минут. Реализован механизм программного ведения телескопом с переменной скоростью по обеим координатам.

Разработанная система содержит необходимый инструментарий для управления научной аппаратурой, установленной в фокусах телескопа. С начала 2014 года начаты удаленные наблюдения на телескопе через сеть ИНТЕРНЕТ.

Созданная система позволит проводить эффективные наблюдения объектов ближнего космоса для решения ряда прикладных задач.

3. Метод геодезической юстировки РАТАН-600 по геостационарным спутникам Земли.



Разработана и внедрена методика юстировки радиотелескопа РАТАН-600 по геостационарным спутникам Земли (ГСЗ). Метод является оптимальным при наблюдениях на Южном секторе в азимутах, где методы радиотехнической юстировки не работают. Благодаря большому сигналу удастся поочередно наводить на него отдельные отражательные элементы и фазировать всю систему радиотелескопа. Разработано следящее устройство устраняющее движение спутника во время юстировки. Для юстировки по ИСЗ использовалась приемная аппаратура широкодиапазонного солнечного спектрального комплекса. Предварительные оценки по ГСЗ юстировкам показывают, что средне квадратичные ошибки по радиусу в рабочем положении элементов антенны составляют около 0.9 мм и 0.7 мм соответственно. Точность метода измерения случайной ошибки не хуже 0.15 мм (СКО). Контроль характеристик радиотелескопа по ГСЗ позволил выявить и ряд систематических ошибок в фокусировке Главного зеркала телескопа, включая смещение продольного фокуса.

ПУБЛИКАЦИИ, ПАТЕНТЫ

1. Emelianov E.V., Analysis of Thermal Conditions of the 6-m BTA Telescope Elements and the Telescope Dome Space, *Astrophysical Bulletin*, 2015, 70, 362

IF= 1.186

WoS, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ,

DOI 10.1134/S1990341315030165

2. Valyavin, G. G.; Bychkov, V. D.; Yushkin, M. V., et al., "High-Resolution Fiber-Fed Echelle Spectrograph for the 6-m Telescope. I. Optical Scheme, Arrangement, and Control System", *Astrophysical Bulletin*, 2014, 69, 224

Импакт-фактор 1.186

WoS, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1134/S1990341314020102

3. Tokhchukova S.Kh., Korzhavin A.N., Bogod V.M., Kurochkin E.A., Shendrik A.V., Computation of the horizontal size of the RATAN-600 beam pattern for the "Southern Sector with a Flat Reflector" mode with allowance for the parameters of primary feeds, *Astrophys. Bull.*, 2014, V.69, N.3, pp. 356-367

Импакт-фактор 1.186

WoS, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi 10.1134/S1990341314030110

4. Якопов М.В., Якопов Г.В., Панчук В.Е., «Механизм компенсатора наклонов волнового фронта», патент РФ, RU 2482525, зарегистрировано 20.05.2013.

5. Якопов М.В., Якопов Г.В., Панчук В.Е., Юшкин М.В., «Автогидирующая оптико-механическая система оптоволоконного спектрографа», патент РФ, RU 2484507, зарегистрировано 10.06.2013.

VII. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ



Основные результаты:

1. Соответствующий стандарту FITS 3.0 архив прямых снимков с астрометрической привязкой

С применением авторского программного комплекса проведена массовая коррекция в соответствии со стандартом FITS 3.0 ключевых слов FITS-заголовков всех файлов (~120 тыс.) локального архива SCORPIO, входящего в состав общего архива наблюдательных данных CAO РАН. Для прямых снимков (~22 тыс. кадров) SCORPIO реализована астрометрическая калибровка с точностью до 0.2" по каталогам HST GSC, USNO-A2, 2MASS PSC, GSC-2.3 или SDSS-III. На основе результатов обработки создан локальный архив SCORPIO-C, включенный с поддержкой веб-доступа в информационно-поисковую систему общего архива наблюдательных данных.

2. Многочастотный каталог измерений объектов типа BLLacertae на ПАТАН-600

Создан многочастотный каталог измерений представителей редкого подкласса активных ядер галактик (АЯГ) – объектов типа BLLacertae, основанный на наблюдательных данных ПАТАН-600.

Каталог размещен на домашней странице обсерватории: <http://www.sao.ru/blcat/>, и содержит измерения объектов на частотах 1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц.

На конец 2014 года в каталоге VLcat представлено 300 объектов.

VLcat может быть использован для:

- статистического изучения радиосвойств этого типа АЯГ;
- исследования эволюции синхротронных радиоспектров;
- исследования параметров переменности.

Отличительной особенностью представленных наблюдательных данных является использование одного инструмента для получения одновременных многочастотных измерений.

Измерения плотностей потоков представлены в удобном формате, доступен интерактивный просмотр и экспорт данных (см. Рис.1).

Список объектов периодически дополняется и обновляется архивными и новыми наблюдательными данными.

3. CATS - Система поддержки астрофизических каталогов. (CATS)

Программный комплекс предназначен для работы астрономов - профессионалов и любителей с астрофизическими каталогами и их описаниями. Все каталоги снабжены функционалами поиска: select, match и контекстному. Подпрограммы поиска разработаны для сложных астрофизических каталогов и позволяют работать как со стандартными параметрами: пределы выборки по экваториальным и галактическим координатам, плотностям потоков, эпохи ввода-вывода, так и с параметрами, определенными только в конкретном заданном каталоге (спектральные индексы, набор частот, размеры, поляризация и т.д.). Открытый доступ к работе с программным комплексом осуществляется через сайт или путем запросов по электронной почте, обрабатываемых программным комплексом авто-



матически. Язык оффлайн запросов удобен для отождествления больших списков неизвестных источников по множеству каталогов в радио, инфракрасных, оптических и гамма диапазонах волн исследуемых областей неба. Вывод информации возможен как в табличном, так и машиночитаемых FITS и VOTABLE форматах. Авторизация или персональная аутентификация пользователя не требуется. В 2013-15 гг. к процедурам поиска в базе данных CATS подсоединены крупные каталоги обзоров неба: каталог компактных источников эксперимента Planck на шести частотах частотах, каталог обзора TGSS всего неба GMRT на частоте 150 ГГц, каталог MORX - миллиона отождествлений источников в оптическом, рентгеновском и радиодиапазоне, GLEAM - каталог пилотного обзора на прототипе SKA в Мурчисоне. Только данные этих каталогов увеличили число радиоисточников в CATS на полтора миллиона объектов.

ПУБЛИКАЦИИ, СВИДЕТЕЛЬСТВА:

1. Mingaliev M.G., Sotnikova Y.V., Udovitskij R.Y., Mufakharov T.V., Nieppola E., Erkenov A.K. RATAN-600 Multi-Frequency Data for the BL Lacertae Objects, 2014, Astronomy and Astrophysics, Vol. 572, P. id A59

IF=4.378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi: 10.1051/0004-6361/201424437

2. Makarov D.I., Prugniel P., Terekhova N., Courtois H., Vauglin I. HyperLEDA. III. The Catalogue of Extragalactic Distances, 2014, Astronomy and Astrophysics, Vol. 570, id. A13 (pp. 12)

IF=4.378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

doi 10.1051/0004-6361/201423496

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014614521 Интерактивный интерфейс программы когнитивной визуализации динамически изменяющихся массивов данных различных форматов и источников. Федеральная служба по интеллектуальной собственности.

Авторы: Горохов В.Л., Витковский В.В., Величко А.М, Цаплин В.В.

Дата государственной регистрации 28 апреля 2014 года

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2015617946 «CATS – Система поддержки астрофизических каталогов» (CATS)

Авторы: Черненко В.Н., Верхованов О.В., Трушкин С.А.

Дата государственной регистрации 27 июля 2015 года

VIII. РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ПРИБОРОВ И МЕТОДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ИСКУССТВЕННЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ НА НАЗЕМНЫХ ТЕЛЕСКОПАХ И КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Основные результаты:

1. Мозаичный приемник изображений для нужд предприятий корпорации «Роскосмос»



Изготовлено и поставлено заказчику (ОАО «НПК «СПП») фотоприемное устройство на основе составного (мозаичного) приемника изображения, построенного из набора ПЗС-матриц, общим размером 110.6 x 124.4 мм (8192 x 9216 пикселей) на базе восьми ПЗС-матриц CCD 42-90 (E2V Technologies) с шумом считывания (при максимальной скорости 3 Мпиксел/с) не более 10 e⁻. Два опытных образца фотоприемного устройства внедрены в наблюдения на телескопах РФ для регистрации изображений объектов космического мусора.

2. Создание многоканальной системы широкоугольного оптического мониторинга высокого временного разрешения Мини-МегаТОРТОРА (ММТ).

Создана и введена в эксплуатацию система ММТ для обнаружения и исследований быстропротекающих явлений в ближнем и дальнем космическом пространстве. Основным способом получения информации является широкоугольный оптический мониторинг небесной сферы с субсекундным разрешением.

Система ММТ представляет собой роботический многоканальный (9 объективов) оптический телескоп с полем зрения около 900 кв. градусов и временным разрешением 0.1 секунды, систему накопления, анализа и хранения данных наблюдений. Он аккумулирует информацию обо всех стационарных и транзиентных (во времени и пространстве) источниках оптического излучения, локализованных на небесной полусфере (20 000 кв. град.), с блеском вплоть до 17 звездной величины за одну ночь наблюдений. При этом каждое поле размером 900 кв. градусов наблюдается единожды в течение 15 минут. В случае обнаружения представляющего интерес события все 9 объективов системы за доли секунды переориентируются на область его локализации (поле зрения каждого канала – 100 кв. градусов) для проведения фотометрических и поляризационных исследований. В процессе мониторинга реализуется основная цель проекта ММТ - обнаружение новых и исследование уже известных нестационарных оптических объектов различной природы и локализации.

Система ММТ не имеет аналогов в мире по сочетанию своих характеристик: большого размера поля зрения (900 кв. градусов), временного разрешения (0.1 с), проникающей способности (12m за 0.1 с; 14.5m за 10 с; 17m за 1000 с), причем эти три временных моды реализуются одновременно, г. возможностью перехода за доли секунды от режима мониторинга к исследованиям фотометрических и поляризационных свойств обнаруженного объекта за счет переориентации всех объективов на одно поле (100 кв. градусов) при использовании в разных каналах различных цветowych и поляризационных фильтров, реализацией в системе ММТ классификации событий в реальном времени для выделения метеоров, спутников, неподвижных вспышек и т.д.

3. Оптимизация методов наблюдений в континууме на РАТАН-600.

Результаты наблюдений на матричном радиометрическом комплексе МАРС-3 дали оценки чувствительности по белому шуму, вполне сопоставимой с достигнутой в эксперименте WMAP по деталям того же углового размера. Как и ожидалось, шум радиометра



все равно доминирует над шумом ожидаемых сигналов, и в таких случаях оказалась эффективной корреляционная методика оценки статистических свойств сигнала за счет большого числа элементов исследуемого размера. Мы считаем, что этот метод будет оптимальным. Одновременно выявлены и основные источники шумов, препятствующие реализации чувствительности по белому шуму. Это, прежде всего, шум атмосферы, резко растущий с ростом размера исследуемых деталей, и аномальный шум радиометров, который виден и на меньших масштабах. Шум атмосферы одинаков на всех каналах матрицы, поэтому не осредняется при суммировании данных по всем каналам. Шум радиометров независим в каналах и осредняется как корень из числа каналов. При исследовании очень мелких масштабов остается только белый шум радиометров. Это позволило сделать независимые оценки для полиномов Лежандра с $l \leq 1000$, и для оценки роли дискретных радиоисточников в режиме ближнего сканирования. Показано, что шум неба на масштабах $3000 < l < 5000$ меньше, чем получено в экспериментах прошлых лет. Шум от дискретных радиоисточников близок к ожидаемому и не предполагает существования обсуждаемой в литературе новой популяции радиоисточников, по крайней мере, на уровне примерно 1 mJy на длине волны 1 см . Поляризационные наблюдения практически полностью устраняют шум атмосферы и аномальный шум радиометров. Дальнейшее накопление данных позволит получить астрофизически значимые результаты по поляризации на основных масштабах. Достигнутая чувствительность по поляризации близка к ожидаемой на $l = 1000$ и выше чем шум от мелкомасштабной поляризации Галактики на высоких широтах. Разработан метод значительного снижения шума $1/f$, позволяющий проводить измерения радиометром полной мощности с расчетной чувствительностью на масштабах времени до 10 секунд. На масштабах до 100 секунд чувствительность радиометра полной мощности остается выше, чем модуляционного. Выявлено, что основных источников шума $1/f$ в радиометре два: СВЧ усилители и квадратичный детектор на диоде с барьером Шоттки. Современные усилители обладают существенно более низким уровнем шума $1/f$, однако увидеть этот эффект можно только если применить еще и туннельные детекторы вместо детекторов Шоттки. Поэтому эффект резкого снижения шума $1/f$ является фактически сравнением туннельного детектора и детектора Шоттки при условии, что флуктуации усиления СВЧ усилителей пренебрежимо малы. По результатам проведенных исследований три радиометра РАТАН-600 были переведены в режим радиометра полной мощности и введены в штатную эксплуатацию.

ПУБЛИКАЦИИ, ПАТЕНТЫ

1. Panchuk V., Yushkin M., Fatkhullin T., Sachkov M., "Optical layouts of the WSO-UV spectrographs", 2014, Astrophysics and Space Science, 354, 163

IF=1.678

WoS, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1007/s10509-014-2087-4



2. Tsybulev, P. G.; Dugin, M. V.; Berlin, A. B.; Nizhelskij, N. A.; Kratov, D. V.; Udovitskiy, R. Yu.1/ f-Type noise in a total power radiometer, 2014, Astrophysical Bulletin, Volume 69, Issue 2, pp.240-246

IF= 1.186

WoS, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ,

DOI 10.1134/S1990341314020114

3. Мурзин В.А., Маркелов С.В., Ардиланов В.И., Афанасьева И.В., Иващенко Н.Г., Борисенко А.Н., «Способ обработки видеосигнала в ПЗС-контроллере для матричных приемников изображения», Форма защиты интеллектуальной собственности: патент на изобретение № 2480717, зарегистрированный в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 апреля 2013г.

4. Якопов Г.В., «КУЛОНОМЕТРИЧЕСКИЙ НАНОТОЛЩИНОМЕР»,

Форма защиты интеллектуальной собственности: патент РФ, RU 2538425, опубликовано 20.11.2014, действует с 13.09.2013.

5. Панчук В.Е., Якопов Г.В., Юшкин М.В., «СПОСОБ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА СПЕКТРА», Форма защиты интеллектуальной собственности: патент РФ, RU 2572460, зарегистрировано 09.12.2015, действует 30.09.2014.

13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год

1. Karachentsev I.D., Makarov D.I., Kaisina E.I. Updated Nearby Galaxy Catalog, 2013, Astronomical Journal, Vol. 145, N. 4, id. 101 (22 pp)

IF= 4.052

WoS, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ,

DOI 10.1088/0004-6256/145/4/101

2. Makarov D.I., Prugniel P., Terekhova N., Courtois H., Vauglin I. HyperLEDA. III. The Catalogue of Extragalactic Distances, 2014, Astronomy and Astrophysics, Vol. 570, id. A13 (pp. 12)

IF= 4.378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1051/0004-6361/201423496

3. Klypin A., Karachentsev I.D., Makarov D.I., Nasonova O.G. Abundance of Field Galaxies, 2015, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 454, pp. 1798-1810.

IF= 4,734



Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1093/mnras/stv2040

4. Kumar B., Moskvitin A.S., Sokolov V.V., Sokolova T.N., Komarova V.N. et al. Light Curve and Spectral Evolution of the Type IIb Supernova 2011fu, 2013, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 431, N. 1, pp. 308-321

IF= 5.226

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1093/mnras/stt162

5. Valyavin G.G., Shulyak D., Wade G., Burlakova T.E., Burenkov A.N. et al. Suppression of Cooling by Strong Magnetic Fields in White Dwarf Stars, 2014, Nature, Vol. 515, N. 7525, pp. 88-91

IF= 41.456

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1038/nature13836

6. Fabrika S.N., Ueda Y., Vinokurov A.S., Sholukhova O.N., Shidatsu M. Supercritical Accretion Disks in Ultraluminous X-ray Sources and SS 433, 2015, Nature Physics, Vol. 11, pp. 551-553.

IF= 20,147

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1038/nphys3348

7. Parijskij Y.N., Thomasson P., Kopylov A.I., Zhelenkova O. P., Soboleva N.S., Temirova A.V., Verkhodanov O.V. et al. Observations of the $z = 4.514$ Radio Galaxy RC J0311+0507, 2014, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 439, N. 3, pp. 2314-2322

IF= 5.107

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1093/mnras/stu047

8. Mingaliev M.G., Sotnikova Y.V., Udovitskij R.Y., Mufakharov T.V., Nieppola E., Erkenov A.K. RATAN-600 Multi-Frequency Data for the BL Lacertae Objects, 2014, Astronomy and Astrophysics, Vol. 572, P. id A59 (pp.4)

IF= 4.378

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1051/0004-6361/201424437

9. Afanasiev V.L., Popovic L.C., Shapovalova A.I., Borisov N.V., Ilic D., Variability in Spectropolarimetric Properties of Sy 1.5 Galaxy Mrk 6, 2014, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Vol. 440, pp. 519-529

IF=5.107

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI 10.1093/mnras/stu231



10. Klochkova, V. G., Circumstellar envelope manifestations in the optical spectra of evolved stars, 2014, ASTROPHYSICAL BULLETIN, Vol. 69, N. 3, pp. 279-295

IF=1.186

Web of Science, Scopus, SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

DOI: 10.1134/S1990341314030031

15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие

Общее количество грантов на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского научного фонда: 67

НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ НАУЧНЫЕ ГРАНТЫ:

1. РФФ №14-50-00043 «Эволюция звезд от их рождения до возникновения жизни»

Руководитель проекта Балега Ю.Ю. Руководители направлений: Валявин Г.Г., Романюк И.И., Фабрика С.Н.

сроки выполнения: 2015-2018 гг.

финансирование: 2015 год - 170 млн руб. (ожидаемое за 2015-2018 годы - 470 млн руб)

Основные результаты:

По направлению "Экзопланеты" было подтверждено существование четвертой транзитной планеты-суперземли в системе HD 219134 b. Были проведены мониторинговые фотометрические и поляриметрические исследования звезд с целью детектирования новых экзопланетных миров и исследования зон обитания вокруг их родительских звезд. У звезды AeXербига DD Ser получены свидетельства существования массивной планеты с радиусом орбиты около 8 а.е.

По направлению "Поиск очень массивных звезд и черных дыр промежуточных масс" был составлен список кандидатов в очень массивные звезды или черных дыр промежуточной массы по двум критериям: по данным телескопа им. Хаббла и по рентгеновским данным (XMM Newton), которые сравнивались с оптическим обзором SDSS. По первому критерию нам удалось провести наблюдения почти 70 % этих слабых кандидатов, которые регистрируются во внешних галактиках. Это были первичные наблюдения, из них выделялись объекты с широкой эмиссионной линией H- альфа, которые далее должны быть исследованы более детально.

По направлению "Магнитометрия звезд" было получено более 800 спектров 200 различных объектов. Попытка измерить магнитное поле для большинства из них была выполнена впервые. Отметим, что к настоящему времени магнитные поля обнаружены у около 800 звезд разных типов, из них около 500 - это химически пекулярные Ap/Bp-звезды. Большинство из наблюдаемых объектов - это химически пекулярные Ap/Bp-звезды, однако



материал получен также и для звезд типа Т Тау, FK Com, массивных OB-звезд Главной последовательности и белых карликов.

В рамках развития инструментальной базы исследований в САО РАН были поставлены задачи разработки и последующего изготовления двух высокотехнологичных спектрографов для 6-м телескопа БТА: оптоволоконного планетного спектрографа-поляриметра высокого спектрального разрешения (до 100000), и высокоэффективного спектрографа умеренного спектрального разрешения (4000-6000), а также линейки роботизированных телескопов с размерами зеркал 0.5 м.

2. РНФ № 14-12-00965 «Распределение и движения галактик в близкой Вселенной»

Руководитель: Макаров Д.И.

сроки выполнения: 2014-2016 (продлен до 2018)

по конкурсу 2014 года: «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами»

финансирование:

2014-2016 гг. 15 000 000 руб (5 000 000 в год)

Основные результаты:

Создан компилятивный каталог внегалактических расстояний до галактик, полученных независимо от красного смещения. В настоящий момент каталог содержит 6640 измерений для 2335 галактик, собранных по 430 публикациям. Проведена взаимная корреляция различных методов определения расстояний, что позволило привести все измерения к единой шкале расстояний. Каталог полностью интегрирован во внегалактическую базу данных HyperLEDA. Она представляет в единой системе информацию о физических параметрах галактик, таких как амплитуда вращения газа, дисперсия скоростей звезд, звездная величина, размер и красное смещение. Особое внимание в данной работе было уделено объектам Местного объема, $D < 10$ Мпк, так как подавляющее большинство высокоточных измерений расстояний относятся к этим галактикам. Кроме того, наличие в базе данных HyperLEDA большого числа измерений линии водорода H I и фотометрии в различных областях спектра даёт возможность оценивать расстояния примерно для 19000 спиралей на основе соотношения Талли-Фишера.

Makarov D., Prugniel P., Terekhova N., Courtois H., Vauglin I. "HyperLEDA. III. The catalogue of extragalactic distances" 2014, *Astronomy&Astrophysics*, 570, A13

Функция распределения галактик по их круговым скоростям (V_{circ}) является фундаментальной статистикой очень чувствительной для проверки теоретических предсказаний. Из-за сложности наблюдений ее изучение стало возможно только недавно. Местный Объем ($D < 10$ Мpc) позволяет исследовать свойства галактик вплоть до галактик экстремально малых масс вне зависимости от их морфологии. Большая коллекция наблюдательных данных позволяет построить функцию круговых скоростей в Местном Объеме с точностью $\sim 10\%$ в диапазоне скоростей от 10 до 200 км/с. Мы обнаружили, что для сравнительно массивных галактик с $V_{\text{circ}} \geq 70$ км/с и массами $M_{\text{vir}} \geq 5 \times 10^{10} M_{\text{sun}}$ стан-



дартная космологическая модель находится в отличном согласии с наблюдениями. Однако распределение галактик меньших масс по круговым скоростям противоречит предсказаниям стандартной космологии. Более того, модели для галактик с теплым темным веществом также не способны объяснить наблюдаемые данные вне зависимости от массы частиц. Теория завышает количество крупных карликовых галактик со скоростями $V_{\text{circ}}=30-40$ км/с в 5 раз. Отметим, что проблема слишком большого количества карликовых галактик в стандартной космологии обнаруживается для богатых газом галактик со звездообразованием и круговыми скоростями порядка 30–40 км/с и на больших расстояниях от массивных объектов. Для “выживания” стандартной космологической модели необходимо существование огромного числа галактик с массами порядка $10^{10} M_{\text{sun}}$ экстремально низкой поверхностной яркости, без звездообразования и без газа. К настоящему моменту, не обнаружено ни одной подобной галактики.

Klypin A., Karachentsev I., Makarov D., Nasonova O. Abundance of field galaxies 2015, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 454, 1798

Открыта чрезвычайно изолированная карликовая сфероидальная галактика KKS3, находящейся на расстоянии 2.12 ± 0.07 Мпк от Млечного Пути. Как правило, бедные газом сфероидальные системы со старым звездным населением располагаются в центральных областях групп и скоплений. Предполагается, что концентрация подобных объектов вокруг гигантских галактик обусловлена процессами потери газа при взаимодействии с массивным соседом, что подавляет образование звезд. Если эти процессы являются первостепенными при формировании карликовых сфероидальных галактик, то они не должны встречаться в областях пониженной плотности, вдали от массивных галактик. Поиск и открытие изолированных сфероидальных карликов представляет большой интерес для космологии, учитывая малое наблюдаемое число карликов с точки зрения ожиданий в стандартной космологической модели. Охота на изолированные сфероидальные объекты чрезвычайно трудна, так как требует обзора больших областей неба и высокой чувствительности инструментов. Эти объекты лишены нейтрального водорода и ярких областей звездообразования, и обычно не видны в радио и оптических обзорах. Только самые близкие сфероидальные галактики, несмотря на крайне низкую поверхностную яркость, могут быть обнаружены, если разрешаются на индивидуальные звезды. К настоящему моменту только одна изолированная сфероидальная карликовая галактика, KKR25, была найдена в окрестностях Местной Группы на расстоянии 1.93 Мпк. Она также была открыта в CAO РАН в 1999 году. Karachentsev I. D., Kniazev A. Yu., Sharina M. E. The isolated dSph galaxy KKS3 in the local Hubble flow 2015, *Astronomische Nachrichten*, 336, 707

3. РФФИ № 14-02-00291 а «Спектроскопическая мимикрия сверхгигантов»

Руководитель проекта: Клочкова В. Г.

сроки выполнения: 2014-2016 гг.

финансирование: 1385000 руб. (2014 - 500000 руб., 2015 - 460000 руб.)

Основные результаты:



Однородность накопленных в ходе спектрального мониторинга данных позволила сопоставить спектры гипергиганта V1302 Aq1 за 2001÷2014 г.г. со спектрами 1990-х г.г., когда звезда по мере роста ее температуры пересекала диаграмму Герцшпрунга-Рессела. Впервые получен вывод о том, что гипергигант вошел в фазу прекращения роста эффективной температуры и находится вблизи границы Желтого Войда.

Проведено моделирование спектров 22-х горячих субгигантов и карликов из ассоциации CygOB2. Определены их температуры, ускорение силы тяжести, скорость вращения, темп потери массы и болометрическая светимость. Доказано околозвездное происхождение аномального покраснения звезды No.12 - кандидата в LBV в CygOB2. Подтвержден каскадный характер звездообразования в ассоциации.

Исследован эволюционный переход звезды Romano из стадии LBV в WR звёзды. После вспышки 2005 г. звезда сошла с полосы нестабильности LBV звёзд. Моделирование 9 спектров, полученных в 2002-2014 г.г., привело к выводу о том, что при изменении визуального блеска изменяется и болометрическая светимость звезды. Ее горячий и быстрый в минимумах блеска ветер становится медленным и плотным в максимумах.

Выполнен анализ данных многолетнего мониторинга центральной звезды ИК-источника IRAS01005+7910, для которого впервые определены системная скорость источника $V_{\text{sys}} = 50.5$ км/с и расстояние $d=2.5$ кпк. Определены спектральный класс B1.5 и класс светимости Ib, изучено поле скоростей. Присутствие запрещенных эмиссий [NII] и [SII] в спектре указывает на близость фазы планетарной туманности.

По высококачественным спектрам изучены особенности спектра и поля скоростей в атмосфере и оболочке оптического компонента ИК-источника IRAS23304+6147. Впервые в спектре обнаружено расщепление профилей абсорбций YII, BaII, LaII, SiII, обусловленное оболочечной компонентой, что указывает на обогащение оболочки post-AGB звезды металлами, синтезированными на предыдущей стадии эволюции.

Результаты работ по проекту были представлены на российских и международных конференциях, опубликованы в 11 статьях.

4. Проект РФФИ №14-02-00162а "Спектрально-поляризационные исследования циклотронного излучения активной солнечной плазмы в широком диапазоне радиоволн в период 24 максимума активности»

Руководитель: Богод В.М.

сроки выполнения: 2014-2016 гг.

финансирование: 1700000 руб. (2014-550000 руб., 2015 – 550000 руб., 2016 – 600000 руб.)

Основные результаты:

Подробно исследованы явления циклотронной природы на уровне переходной зоны хромосфера корона. Обнаружены эффекты понижения радиояркости над солнечными пятнами по многоволновым наблюдениям. Дана интерпретация эффектов как проявление



низкого расположения обыкновенной моды излучения по сравнению с необыкновенной модой и зарегистрировано относительное смещение мод для разных пятен.

Отлажен метод измерения корональных магнитных полей на разных высотах. Одновременно разработана методика измерения параметров атмосферы активной области на основе сопоставления модельных расчетов с многоволновыми наблюдениями на РАТАН-600.

Получил дальнейшее развитие многоволновый метод поляризационной стереоскопии, точность которого значительно улучшена, что позволило регистрировать магнитные структуры малого углового размера по долготе Солнца (0.02 угл.сек). и с высоким спектральным разрешением (1%) в широком диапазоне частот 3-18 ГГц.

Результаты работ по проекту были представлены на российских и международных конференциях, опубликованы в 21 статье.

5. . РФФИ № 14-07-00361 (2014-2016) «Разработка методов интеграции информационных систем поддержки наблюдательного цикла с целью реализации science-ready ресурса архива наблюдений»

Руководитель: Желенкова О. П.

сроки выполнения: 2014-2016 гг.

финансирование: 1550000 руб. (2014-550000 руб., 2015 – 500000 руб.)

Основные результаты:

Проведен обзор стандартов и технологий, применяемых в коммуникационной инфраструктуре виртуальной обсерватории (ВО). В контексте постоянно растущего объема получаемых на современных телескопах данных рассмотрены этапы жизненного цикла астрономических данных, их обеспеченность стандартами, а также методов, которые применяются в информационных системах класса end-to-end, поддерживающих наблюдательный цикл на современных телескопах.

Разработаны и внедрены следующие информационные системы поддержки наблюдательного цикла, реализованные в виде веб-приложений: электронный журнал наблюдений 6-м оптического телескопа БТА и система online-подачи заявки на наблюдательное время для радиотелескопа РАТАН-600.

Разработано и внедрено авторское ПО для обработки архивных файлов:

*) веб-сервис координатной калибровки прямых снимков и коррекции ошибочных параметров в FITS-заголовках файлов;

*) для архивных файлов разработан FITS-заголовок, соответствующий стандарту FITS 3.0;

*) веб-сервис визуализации на лету архивных наблюдений;

*) реализован алгоритм выделения объектов на архивных прямых снимках с подготовкой таблицы выделенных объектов. ПО предполагается использовать при подготовке каталога объектов, на основе архивных наблюдений, полученных на оптических телескопах обсерватории.



С целью обеспечения массовой обработки прямых снимков общего архива обсерватории и подготовки готовых для научного анализа файлов:

*) выполнена модернизация схемы и веб-интерфейса ИПС расписания наблюдений на БТА, а также проведена сверка и синхронизация параметров, хранящихся в базе данных, с параметрами, которые описывают наблюдательный файл в ИПС общего архива наблюдений САО РАН;

*) в ИПС общего архива наблюдений добавлены новые атрибуты, характеризующие наблюдение. Для их поддержки модернизированы схема таблиц и веб-интерфейс и разработано ПО для анализа FITS-заголовков. Произведено наполнение вновь введенных атрибутов в ряде таблиц базы данных.

*) выполнена массовая координатная калибровка прямых снимков трех локальных архивов;

*) проведена подготовка к массовой миграции в среду ИПС общего архива радионаблюдений, полученных на РАТАН-600 с 1982 г. по настоящее время. Выполнен перенос 0.5 млн файлов в off-line хранилище архива, для чего данные записаны на оптические диски в соответствии с правилами архивной системы.

Проведена работа с архивными данными, полученными в радиодиапазоне в 1980-1999 гг. на радиотелескопе РАТАН-600 в серии обзоров неба ХОЛЮД, с целью использования их в поиске переменности радиоисточников. Подтверждено, что эти старые данные можно использовать для поиска вариаций плотности потока у радиоисточников.

Модернизирован сервер ИПС, в результате чего более чем на порядок увеличена производительность доступа к архивным данным, а также обеспечен долгосрочный резерв по накоплению наблюдений.

В соответствии с идеологией архитектуры виртуальной обсерватории, разработанной IVOA, на сервере архивной системы реализован регистр ВО для публикации данных. Этот регистр внесен в базу данных регистров (<http://registry.euro-vo.org>).

В состав архивной системы на текущий момент входит off-line хранилище, включающее 269 оптических дисков (и еще их дубликаты), оперативное хранилище на двух дисковых массивах, расположенных один – на рабочем сервере ИПС общего архива, второй – на тестовом сервере. Объем архивных данных в оперативном хранилище 1.5 ТБ (+1.5 ТБ). В архивной системе 16 локальных архивов с необработанными данными. 5 коллекций пополняются, а в остальных хранятся данные, полученные на приборах, которые выведены из использования. В результате выполнения проекта в архивную систему включены еще три локальных архива с прямыми снимками (SCORPIO_C, ZMCCD_C, ZMUAGSS_C), где размещены данные с выполненной массовой координатной калибровкой. Всего координатная калибровка произведена для 270 тысяч файлов.

6. РФФИ № 13-02-00419А «Комплексные исследования кратных звезд в ОВ-ассоциациях»

Руководитель: Балега Ю. Ю.



сроки выполнения: 2013-2015 гг.

финансирование: 1123000 руб. (2013 – 310000 руб., 2014 – 413000 руб., 2015 – 400000 руб.)

Основные результаты:

Образование двойных и кратных звездных систем является общим феноменом при рождении звезд. Стандартный сценарий предполагает, что двойная или кратная система образуются еще на стадии фрагментации молекулярного облака в процессе гравитационного сжатия. Формирование кратных систем может при этом происходить как прямым делением облака, так и его вращательной фрагментацией. В первом случае важнейшее значение имеет исходное распределение плотности в облаке, а во втором деление может происходить за счет неустойчивости вращающегося протозвездного диска. В очень компактных и плотных областях звездообразования кратные системы могут создаваться и путем захвата близких компонентов.

Особое значение для теории формирования звезд имеет изучение кратности в ассоциациях различного возраста и разной структуры. Нами была поставлена задача определить статистику двойных и кратных систем в звездных ассоциациях, сформировавшихся в разное время в Поясе Гулда. Возраст ассоциаций, которые формировались вследствие каскада вспышек сверхновых, заключен в диапазоне от 10 до 60 млн. лет. Представляет интерес также сравнение кратности ярких звезд в ассоциациях с похожими по характеристикам звездами поля.

Для поиска новых кратных систем мы использовали на телескопе БГА спекл-интерферометрический метод наблюдений, позволяющий обнаруживать близкие пары с угловым разрешением до 0.02 угл. секунды (дифракционный предел для 6-м телескопа). В дополнение к интерферометрическому обзору мы использовали имеющиеся в научной литературе данные о спектральной двойственности членов ассоциаций и присутствии среди них широких астрометрических пар. В программу наблюдений были включены преимущественно В-звезды, принадлежность которых к той или иной ассоциации была установлено по их пространственному распределению, собственным движениям и параллаксам. Основу списка составили объекты, отобранные по результатам наблюдений на астрометрическом спутнике Hipparcos и представленные в работе deZeeuwetal. (1999).

В рамках выполнения программы нами проведены спекл-интерферометрические наблюдения и обработка всех ярчайших звезд шести северных ассоциаций из работы deZeeuwetal. (1999): Per OB2, Per OB3 (alpha Per), Cas-Tau, Cep OB2, Cep OB6, Lac OB1. Общее количество наблюдавшихся звезд составило 390.

Эти звезды представляют собой только яркий хвост распределения объектов в ассоциациях. Так, например, в ассоциацию Cas-Tau может входить до 20 тысяч звезд. Однако большинство из них трудно доступны спектральным и интерферометрическим исследованиям из-за низкой светимости.



Помимо статистических исследований кратности ярких звезд в ассоциациях, были проведены наблюдения и обработка отдельных объектов, принадлежащих ассоциациям:

- спекл-интерферометрические и спектральные наблюдения системы Theta1 Ori C;
- спекл-интерферометрические, фотометрические и спектральные наблюдения двух членов ассоциации Cyg OB2: Cyg OB2-11 и Cyg OB2-12;
- обработка спектральных наблюдений карпа Cas (HD 2905 B1ae), входящей в ассоциацию Cas OB14.

7. РФФИ № 12-02-00743а «Теоретические и наблюдательные исследования проявлений релятивистских объектов в гамма-всплесках»

Руководитель: Бескин Г.М.

сроки выполнения: 2012-2014 гг.

финансирование: 1298000 руб. (2013 – 510000 руб., 2014 – 413000 руб.)

Основные результаты:

Детально изучена впервые обнаруженная группой релятивистской астрофизики САО РАН быстрая переменность оптического излучения, сопровождавшего гамма-всплеск GRB080319B (Naked-EyeBurst), и проведена ее теоретическая интерпретация. Показано, что обнаруженная переменность потока излучения выброшенного вещества может быть проявлением нестационарной аккреции, обусловленной периодически развивающейся гравитационной неустойчивостью, а полусекундные (в собственной системе отсчета) вариации интенсивности, видимые на последних стадиях всплеска, могут быть следствием прецессии Лензе-Тирринга внутренних частей аккреционного диска.

Создана непрерывно обновляемая база данных основных характеристик гамма-всплесков с измеренными красными смещениями. Проведен статистический анализ связей между характеристиками всплесков, впервые обнаружена высокосignificant корреляция между оптической светимостью в максимуме послесвечения и красным смещением объекта (коэффициент корреляции 0.82). Это, по-видимому, свидетельствует о степенном возрастании плотности локальной (в областях рождения гамма-всплесков) межзвездной среды и, в свою очередь, скорости звездообразования при уменьшении возраста Вселенной с показателями 4 и 6, соответственно. Проведен анализ влияния селекции на полученную связь между максимальными светимостями послесвечений и красными смещениями, а также проверена статистическая значимость этой зависимости. Показано, что обнаруженная корреляция с большой вероятностью является достоверной.

Проведена оценка относительной доли гипотетически возникающих синхронных с гамма-всплесками оптических вспышек, доступных обнаружению при мониторинге полей гамма-телескопов с помощью широкопольных систем высокого временного разрешения типа ММТ. Показано, что 15%-20% гамма-всплесков могут сопровождаться синхронными оптическими вспышками, как правило, 12-16 зв. величины, которые могут быть обнаружены при широкоугольном мониторинге высокого временного разрешения поля зрения гамма-телескопа Swift (несколько событий за год).



Завершена разработка и изготовление 16 каналов регистрации для систем широкоугольного мониторинга высокого временного разрешения Mini-MegaTORTORA (MMT) в 6-канальной (MMT-6, детектор - ЭОП+ПЗС-матрица) и 9-канальной (MMT-9, детектор - AndorNeosCMOS) версиях. Эти каналы попарно установлены на модифицированных монтировках EQ-6, снабженных специально разработанными блоком ввода электропитания и сухого воздуха и модулем охлаждения детекторов. Модернизировано разработанное ранее специализированное программное обеспечение, предназначенное для анализа изображений, получаемых с широкопольных мониторинговых камер. Разработан дополнительный модуль к этому программному обеспечению, реализующий методики анализа данных более низкого временного разрешения (несколько секунд и более).

Как дальнейшее развитие многоканальных мониторинговых систем разработан проект многотелескопного комплекса на базе инструментов малого диаметра (40-60 см) (SAINT) с полным полем зрения около 500 кв.градусов (1 кв. градус у отдельного телескопа) и временным разрешением 0.1 секунды. Такой комплекс может использоваться для решения многих задач современной астрономии, будучи при ориентации всех его элементов на одно поле эквивалентен телескопу 8-метрового класса.

Результаты работ по проекту были представлены на пяти международных конференциях и на сессии ОФН РАН, опубликованы в 14 статьях.

8. РФФИ №12-02-31649 «Связь радиоизлучения объектов типа BL Lacertae с другими диапазонами электромагнитного спектра»

Руководитель: Сотникова Ю.В.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 700000 руб. (2013 – 35000 руб.)

Основные результаты:

Создан новый каталог 112 компактных внегалактических объектов – Gigahertz-PeakedSpectrumSources (Mingalievetal., 2013AstBu..68..262M), содержащий параметры радиоспектров, переменности, оценки угловых размеров излучающих областей и радиосветимостей объектов. Выявлен ряд статистических отличий в наблюдательных свойствах GPS-галактик и квазаров.

По многочастотным данным RATAN-600 проверено теоретическое предположение о связи излучения в джете и аккреционном диске блазаров. Обнаружена значительная для FSRQ-блазаров и более слабая для объектов типа BL Lac корреляция потока в области образования широких линий с радиопотоком (Mufakharovetal., 2014AstBu..69..266M).

На основе измерений RAAH-600 создан интерактивный каталог «RATAN-600 multi-frequency data on the BLLac objects», состоящий из 255 объектов (www.sao.ru/blcat/)([Mingalievetal., 2014A&A...572A..59M]). В каталоге представлены наблюдательные данные на частотах 1-21.7 ГГц, литературные данные из других диапазонов, предоставлена возможность интерактивного расчета основных спектральных параметров.



С использованием доступных данных других диапазонов электромагнитного спектра для блазаров получены/уточнены значения пиков синхротронных компонент по кривым распределения энергии SED (spectralenergydistribution) (Mingaliev et al., 2015 AstBu..70..264M). Обнаружено, что их значения распределены непрерывно в диапазоне от 12 до 21 Гц, оценены средние значения для разных подклассов блазаров.

9. РФФИ №13-02-00416 А «Полярные структуры как ключ к решению вопросов формирования и эволюции галактик»

Руководитель: Моисеев А. В.

сроки выполнения: 2013-2015 гг.

финансирование: 1579000 руб. (2013 – 530000 руб., 2014 – 563000 руб., 2015 – 486000 руб.)

Основные результаты:

Целью проекта являлось детальное изучение галактик с полярными кольцами (ГПК), в которых внешние кольца или диски из газа, пыли и звезд вращаются в плоскости, примерно перпендикулярной к диску основной галактики. По многим аспектам формирование таких структур напоминает образование дисков спиральных галактик. Поэтому детальное изучение ГПК (строение, звездообразование, эволюция) позволяет по-новому взглянуть на формирование галактик. Комплексное исследование включало в себя анализ морфологических особенностей ГПК по доступным данным цифровых обзоров неба, выполнение спектральных наблюдений на 6-м телескопе САО РАН и 30-м радиотелескопе IRAM, а также численное моделирование отдельных галактик. По каждому из перечисленных направлений удалось достичь заметного прогресса:

На основе наблюдений на 6-м телескопе САО РАН, измерена форма гало темной материи в трех ГПК. Сплюснутость темного гало может существенно различаться в разных галактиках, что накладывает ограничения на модели их формирования: от практически сферической, до сплюснутой в непосредственной близости от галактического диска, однако вытянутой вдоль полярной плоскости далеко за пределами центральной галактики.

Показано, что внутренние полярные структуры и внешние крупномасштабные полярные кольца образуют единое семейство в распределении по диаметру, нормированному на оптический размер галактики. Бимодальность формы этого распределения объяснена тем, что устойчивость полярных орбит во внутренних областях галактик обеспечивается балджем или баром, а во внешних областях - сфероидальным (или трехосным) гало. Показано, что интегральная фотометрическая структура ГПК ближе к дисковым галактикам, а не к нормальным галактикам E/S0 типов.

По данным спектральных наблюдений на 6-м телескопе САО РАН оценена металличность газа в 12 ГПК, что принципиально улучшает имеющуюся статистику таких измерений. В среднем металличность составляет около 0.5 от солнечной, т.е. не обнаружено очень низких значений, предсказанных в моделях образования ГПК холодной аккрецией из филаментов.



Вопреки распространенному тезису о том, что полярные структуры наблюдаются только в галактиках ранних типов, где центральное тело не содержит газа, удалось доказать наличие наклонных и полярных структур в ряде галактик поздних морфологических типов. В частности, обнаружена три близких карликовых галактики, в которых плоскости газового и звездного дисков сильно различаются. Что является свидетельством приобретения этим галактиками газа из ближайшего окружения.

Результаты работ по проекту были представлены на российских и международных конференциях, опубликованы в 16 статьях.

10. РФФИ № 13-02-00027 «Статистическая анизотропия по наблюдательным и модельным данным микроволнового фонового излучения на различных угловых масштабах»

Руководитель: Верховданов О.В.

сроки выполнения: 2013-2015 гг.

финансирование: 1500000 руб. (2013 – 460000 руб., 2014 – 463000 руб., 2015 - 577000)

Основные результаты:

Исследованы статистические свойства карт реликтового излучения (СМВ) на низких гармониках ($L < 50$). Обнаружено, что различие в картах СМВ и в соответствующих им угловых спектрах мощности может быть связано с причинами, которые приводят к аномалиям карт реликтового фона на низких частотах. Такая анизотропия может быть связана с локальным окружением или систематическими наблюдательными эффектами. Для анализа аномалий разработаны новые алгоритмы поиска статистической анизотропии и выделенных направлений на картах на полной небесной сфере. Предложен новый метод анализа однородности карт СМВ, основанный на вариации углового спектра мощности $S(L)$, а также с применением экстремальных статистик: анализа локальных минимумов и максимумов и их комбинаций.

В рамках гипотезы о связи положения гамма-всплесков с объектами крупномасштабной структуры и последней с флуктуациями СМВ на разных красных смещениях проведено исследование корреляции распределения гамма-всплесков из каталогов BATSE и ВерроSAX и данными СМВ космической миссии Planck. Обнаружено различие в "среднем отклике" микроволнового фона для коротких и длинных всплесков, что может быть связано с различной природой этих событий. Показано, что имеются корреляции положений гамма-всплесков и СМВ в эклиптической и экваториальной системах координат, что может быть вызвано неполным учетом эффектов систематики, связанных с методикой наблюдений.

Исследованы свойства различных популяций радиогалактик в микроволновом диапазоне длин волн. Для радиисточников RCR-каталога, полученного на радиотелескопе РАТАН-600, обнаружено различие сигнала микроволновых карт в области RCR-объектов в зависимости от радиоспектрального индекса источников. Для гигантских радиогалактик (ГРГ), формирующих дополнительную слабую фоновую анизотропную компоненту в миллиметровом диапазоне, обнаружены особенности сигнала в окрестности ГРГ в отличие



от других популяций объектов, а именно наличие плоского спектра в миллиметровом диапазоне и отсутствие значимого сигнала в субмиллиметровом диапазоне.

Для изучения влияния разных фоновых компонент и механизмов, искажающих микроволновый фоновый сигнал, проведена корреляция карт микроволнового реликтового излучения ESA Planck с картами распределения галактик на различных красных смещениях по данным оптического обзора SDSS. Обнаружено, существование выделенных масштабов корреляций (2-3град) на разных красных смещениях ($z=1-2$), которые соответствуют линейному размеру максимальной ячейки неоднородности (~ 60 Мпк). По данным отождествлений радиоисточников предложен новый метод селекции кандидатов в объекты типа Сюняева-Зельдовича на картах микроволнового фонового излучения, включающий анализ спектра радиоисточника и распределение сигнала CMB.

Создан вычислительный Web-сервер, предназначенный для построения карт протяженного излучения на полном небе из сферических гармоник в сетке пикселизации GLESP. Процедуры, задаваемые пользователем с помощью Web-интерфейса, позволяют сглаживать карты диаграммой направленности с различным угловым разрешением в пространстве мультиполей, накладывать маски, а также выделять области неба с заданными координатами. Сервер расположен по адресу <http://cmb.sao.ru>.

Результаты работ по проекту были представлены на российских и международных конференциях, опубликованы в 19 статьях.

16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».

Информация не предоставлена

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований

17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2013 г. № 426

1. Соглашение №14.619.21.0004 от 22.08.14 г., Минобрнауки России



Субсидия на выполнение работ по теме: Развитие инструментальных средств крупнейшего Российского оптического телескопа - Большого телескопа азимутального для обеспечения наземных астрофизических исследований.

Руководитель проекта: Власюк В.В.

сроки выполнения: 2014-2015 гг.

финансирование: 119 500 000 руб.

Отчет представлен https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/reportMES/info_2014-2020.html

ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 - 2013 годы», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 17 октября 2006 г. № 613» (ред. от 06.04.2011);

2. Государственный контракт №14.518.11.7070 от 20.07.12г., Минобрнауки России

НИР по теме «Проведение наземных астрофизических исследований с использованием уникальной установки -крупнейшего российского оптического телескопа - Большого телескопа азимутального»

Руководитель проекта: Власюк В.В.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 1 900 000 руб.

Отчет представлен https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/reportMES/14.518.11.7070_Otchet_NIR_2.pdf

3. Государственный контракт №14.518.11.7054 от 20.07.12г., Минобрнауки России

НИР по теме "Исследование спектрально-поляризационных характеристик в широком частотном диапазоне на УСУ "Радиотелескоп РАТАН-600" для развития методик прогноза солнечной активности и мониторинга электромагнитного загрязнения и собственного излучения земной атмосферы"

Руководитель проекта: Мингалиев М.Г.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 2 917 000 руб.

Отчет представлен https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/reportMES/7054_Otchet_NIR.pdf

ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2008 года №568)

4. Соглашение №8406 от 14.08.2012 г., Минобрнауки России

НИР по теме «Наблюдательные проявления эволюции звезд»

Руководитель проекта: Балегга Ю.Ю.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 5124000 руб.

5. Соглашение №8630 от 14.09.2012 г., Минобрнауки России

НИР по теме «Уточнение эволюции массивных звезд путем определения фундаментальных параметров»



Руководитель проекта: Валеев А.Ф.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 686000 руб.

6. Соглашение №8704 от 21.09.2012 г., Минобрнауки России

НИР по теме "Новый метод исследования звездного магнетизма"

Руководитель проекта: Растегаев Д.А.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 1163750 руб.

7. Соглашение №8416 от 04.08.2012 г., Минобрнауки России

НИР по теме "Исследование массивных звезд в нашей Галактике и галактиках Местной группы"

Руководитель проекта: Фабрика С.Н.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 2655000 руб.

8. Соглашение №8523 от 07.09.2012 г., Минобрнауки России

НИР по теме «Галактики малых масс- физические лаборатории Ближней Вселенной»

Руководитель проекта: Макаров Д.И.

сроки выполнения: 2012-2013 гг.

финансирование: 2413000 руб.

Отчеты представлены https://www.sao.ru/Doc-k8/Science/reportMES/us_list.html

Внедренческий потенциал научной организации

18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований

Информация не предоставлена

19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год

Новая система контроля 1-м телескопа САО РАН с возможностью управления наблюдениями через «Интернет».

В 2013 году в САО завершено создание системы управления многозадачного 1-м телескопа «ZEISS-1000», предполагающей использование наблюдательных методов телескопа в режиме местного или удаленного управления. Без остановки инструмента осуществлена замена силовых приводов и датчиков положения на осях телескопа, реконструирована система энергоснабжения.

Все электрические приводы главных осей телескопа и купола башни управляются через электронные блоки частотных преобразователей серверной программой. Помимо этого эта программа управляет всеми операциями на телескопе, включая контроль времени, электропитания, освещения, метеорологических условий и др. Достигнута полная унифи-



кация с системой управления БТА в аппаратной части. Узлы системы объединены посредством индустриальной полевой шины CANbus и беспроводной связи WiFi.

Замена устаревших датчиков осей телескопа в сочетании с использованием новой АСУ позволила в несколько раз повысить точность наведения и слежения телескопа (около 5 угл.сек. по обеим координатам). Как следствие, существенно улучшена точность слежения телескопом, что позволило получать глубокие снимки в фильтрах с экспозициями до 30 минут. Реализован механизм программного ведения телескопом с переменной скоростью по обеим координатам.

Разработанная система содержит необходимый инструментарий для управления научной аппаратурой, установленной в фокусах телескопа. С 2014 года начаты удаленные наблюдения на телескопе через сеть ИНТЕРНЕТ.

Созданная система позволит проводить эффективные наблюдения объектов ближнего космоса для решения ряда прикладных задач

Мозаичный приемник изображений для нужд предприятий корпорации «Роскосмос».

Изготовлено и поставлено заказчику (ОАО «НПК «СПП») фотоприемное устройство на основе составного (мозаичного) приемника изображения, построенного из набора ПЗС-матриц, общим размером 110.6 x 124.4 мм (8192 x 9216 пикселей) на базе восьми ПЗС-матриц CCD 42-90 (E2V Technologies) с шумом считывания (при максимальной скорости 3 Мпиксел/с) не более 10 e⁻. Два опытных образца фотоприемного устройства внедрены в наблюдения на телескопах РФ для регистрации изображений объектов космического мусора.

Пакет программ для математического моделирования орбитальных и наземных спектрографов скрещенной дисперсии.

В ходе выполнения работ по проектированию спектрографов высокого разрешения космической обсерватории «Спектр-УФ» на определенном этапе, возникла необходимость построения математической модели приборов. Выполнение оптического расчета с использованием коммерческого программного продукта Zemax не позволяло адекватно оценить эффективность спектрографов, поскольку в данной программе не моделируется распределение энергии, даваемое дифракционной решеткой. Кроме того, работы по созданию специализированных приемников излучения для данного проекта потребовали построения карты распределения длин волн на поверхности детектора: квантовая эффективность приемников излучения в заатмосферном УФ-диапазоне крайне низка, что приводит к необходимости использования просветляющих покрытий, характеристики которых в данном спектральном диапазоне быстро меняются с длиной волны, поэтому для создания маски нанесения просветляющих покрытий необходим точный расчет длин волн спектрального изображения на каждом элементе приемника. Моделирование изображений спектров для спектрографов космической обсерватории с учетом всех шумов и помех позволяет приступить к созданию и отладке системы автоматической обработки наблюдательных данных задолго до запуска миссии.



Апробация пакета программ, моделирующих спектрографы скрещенной дисперсии, а также сравнение результатов моделирования с реальными наблюдениями, были выполнены путем моделирования эшелле-спектрографа высокого разрешения фокуса Нэсмита (НЭС), установленного на 6-метровом телескопе. Показано хорошее согласие результатов моделирования с реальными спектрами.

Создание многоканальной системы широкоугольного оптического мониторинга высокого временного разрешения Мини-МегаТОРТОРА (ММТ).

Создана и введена в эксплуатацию система ММТ (принадлежит Казанскому Федеральному Университету) для обнаружения и исследований быстропротекающих явлений в ближнем и дальнем космическом пространстве. Основным способом получения информации является широкоугольный оптический мониторинг небесной сферы с субсекундным разрешением.

Система ММТ представляет собой роботический многоканальный (9 объективов) оптический телескоп с полем зрения около 900 кв. градусов и временным разрешением 0.1 секунды, систему накопления, анализа и хранения данных наблюдений. Он аккумулирует информацию обо всех стационарных и транзиентных (во времени и пространстве) источниках оптического излучения, локализованных на небесной полусфере (20 000 кв. град.), с блеском вплоть до 17 звездной величины за одну ночь наблюдений. При этом каждое поле размером 900 кв. градусов наблюдается единожды в течение 15 минут. В случае обнаружения представляющего интерес события все 9 объективов системы за доли секунды переориентируются на область его локализации (поле зрения каждого канала – 100 кв. градусов) для проведения фотометрических и поляризационных исследований. В процессе мониторинга реализуется основная цель проекта ММТ - обнаружение новых и исследование уже известных нестационарных оптических объектов различной природы и локализации.

Система ММТ не имеет аналогов в мире по сочетанию своих характеристик: большого размера поля зрения (900 кв. градусов), временного разрешения (0.1 с), пронизывающей способности (12m за 0.1 с; 14.5m за 10 с; 17m за 1000 с), причем эти три временных моды реализуются одновременно, г. возможностью перехода за доли секунды от режима мониторинга к исследованиям фотометрических и поляризационных свойств обнаруженного объекта за счет переориентации всех объективов на одно поле (100 кв. градусов) при использовании в разных каналов различных цветowych и поляризационных фильтров, реализацией в системе ММТ классификации событий в реальном времени для выделения метеоров, спутников, неподвижных вспышек и т.д.

Модернизация 1-м телескопа Шмидта БАО НАН Армении.

1-м телескоп системы Шмидта (105/132/213) Бюраканской астрофизической обсерватории Национальной академии наук Армении входит в пятёрку крупнейших телескопов системы Шмидта в мире по размеру зеркала и в тройку – по размеру объективных призм.



В 2013-2015 гг. сотрудники лаборатории спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов САО РАН совместно с армянскими специалистами провели модернизацию 1-м телескопа Шмидта БАО НАН Армении. Полностью переработана система управления телескопом: заменены исполнительные механизмы, разработано программное обеспечение системы управления телескопом, создана система гидирования, переработан и подготовлен к установке в фокус телескопа ПЗС-детектор.

В октябре 2015 года установлен в фокусе телескопа ПЗС-детектор со следующими параметрами: $4k \times 4k$, жидкостное охлаждение, шум считывания ~ 11.1 e, элемент разрешения 0.89 угл.сек./пикс., поле зрения около 1 кв. градуса (производитель Apogee, США). Детектор оснащен фильтровыми колесами, в которых установлен 21 среднеполосный фильтр (FWHM=250 Å, равномерно покрывающий спектральный диапазон 3500 – 9500 Å), 5 широкополосных фильтров (u,g,r,i,z SDSS) и 3 узкополосных фильтра (5000 Å, 6560 Å и 6760 Å, FWHM=100 Å). Проведены пробные наблюдения и получены первые снимки.

Телескоп планируется использовать для решения следующих основных задач:

- Изучение звездного населения гало галактик.
- Изучение свойств популяции AGN.
- Поиск новых объектов Хербига-Аро.
- Изучение крупномасштабного распределения галактик.

Результаты доложены на Международной конференции «Настоящее и будущее малых и средних телескопов» SMT-2015, 19-22 сентября 2015 г., Нижний Архыз.

ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ

Экспертная деятельность научных организаций

20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами

Информация не предоставлена

Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций

21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год

Договоры на выполнение работ:



1. «Разработка и изготовление экспериментального образца мозаичного фотометрического устройства для телескопа АЗТ 33ВМ»
Ответственный исполнитель: Маркелов С.В.
2013-2015 гг.
2. «Разработка оптической схемы блока спектрографов проекта "Спектр-УФ"»
Ответственный исполнитель: Панчук В.Е.
2013-2015 гг.
3. «Производство и поставка в соответствии с собственной технической документацией спектрографа среднего и низкого разрешения для спектрального исследования слабых звездообразных объектов»
Ответственный исполнитель: Афанасьев В.Л.
2014-2015 гг.
4. «Изготовление и поставка интегрированной системы регистрации детальных изображений по отраженному солнечному излучению в части спекл-интерферометра видимого диапазона»
Ответственный исполнитель: Максимов А.Ф.
2014-2015 гг.
5. ОКР «Разработка и изготовление диспергирующего элемента, оптимизированного для измерения красных смещений скоплений галактик, для спектрографа среднего и низкого разрешения АДАМ»
Ответственный исполнитель: Додонов С.Н.
2015 г.
6. «Разработка и изготовление системы цифровой регистрации изображений на основе фотоприемной матрицы CCD42-40»
Ответственный исполнитель: Маркелов С.В.
2015 г.
7. НИР по теме «Спектрофотометрические и фотометрические наблюдения активных ядер галактик на 1-м телескопе САО РАН в режиме мониторинга и обработка полученных данных. Анализ данных»
Ответственный исполнитель: Шаповалова А.И.
2013-2014 гг.
8. НИР по теме "Происхождение изолированных линзовидных галактик"
Ответственный исполнитель: Афанасьев В.Л.
2014 г.
9. НИР по теме "Темная материя в пределах оптических границ галактик" Ответственный исполнитель: Додонов С.Н.
2014 г.
10. НИР по теме "Структура, динамика и эволюция дисковых галактик"
Ответственный исполнитель: Моисеев А.В.



2014-2015 гг.

Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении (представляются по желанию организации в свободной форме)

22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации в соответствующем научном направлении, а также информация, которую организация хочет сообщить о себе дополнительно

В CAO РАН действует диссертационный совет Д 002.203.01. Совет принимает к защите диссертации на соискание ученых степеней кандидата и доктора физико-математических наук по специальности 01.03.02 - "Астрофизика и звездная астрономия". В 2013-2015 гг. состоялось 5 сессий совета, на которых успешно прошли защиты 2 докторских и 6 кандидатских диссертаций (физико-математические науки).

CAO РАН издает журнал «Астрофизический бюллетень» и его английский вариант *Astrophysical Bulletin*, входящий в библиографические базы данных Web of Science, Scopus, РИНЦ. Импакт-фактор журнала составляет 1.186 (по данным 2015 года).

Сотрудниками CAO РАН в 2013-2015 гг. были организованы и проведены в пос. Нижний Архыз:

- 5 конференций пользователей и сессий Комитета по тематике больших телескопов РАН (КТБТ), на которой были представлены отчеты заместителей директора по научной работе о работе 6-м телескопа БТА и радиотелескопа РАТАН-600 по полугодиям, доклады-отчеты заявителей на БТА (внешних и из CAO) и научные доклады.

- Международное совещание "Кварковый фазовый переход в компактных объектах и многоволновая астрономия: нейтринные сигналы, сверхновые и гамма-всплески", 7-14 октября 2015 г.

https://www.sao.ru/hq/grb/conf_2015/index-ru.html

Изданы труды конференции, индексируются SAO/NASA Astrophysics Data System, РИНЦ

https://www.sao.ru/hq/grb/conf_2015/proceedings-ru.html

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016qptc.conf.....S>

<https://elibrary.ru/item.asp?id=27494140>

- Международная конференция "Настоящее и будущее малых и средних телескопов", 19-22 октября 2015 г.

Издан Сборник тезисов докладов.

<https://www.sao.ru/hq/lon/ConfSite/main-ru.html>

- VII семинар-совещание «Информационные системы в фундаментальной науке. Большие данные», 22-26 июля 2014 г.

<https://www.sao.ru/Doc-k8/Events/2014/BRIS-VII/index.html>



- Международная конференция «Физика и эволюция магнитных и родственных им звезд», 25-31 августа 2014 г.

Изданы труды конференции ASP Conference Series, Серия книг: Astronomical Society of the Pacific Conference Series

Physics and Evolution of Magnetic and Related Stars : Proc. Conf. held at Spec. Astrophys. Observatory, Nizhny Arkhyz, Russia, 25-31 Aug. 2014, Ed. by Balega Y. Y., Romanyuk I.I., Kudryavtsev D.O., San Francisco, ASP Conf. Ser.; Vol. 494.

http://www.aspbooks.org/a/volumes/table_of_contents/?book_id=567

ISBN: 978-1-58381-872-5, eISBN: 978-1-58381-873-2

Индексируется Web of Science, Scopus, РИНЦ

<https://www.sao.ru/hq/lizm/conferences/2014/en/index.html>

- Юбилейная конференция, посвященная 25-летию 1-м телескопа Цейсс-1000, 28 октября 2014 г.

<https://www.sao.ru/Doc-k8/Events/2014/conf25-Z1000/>

- XIV Нижне-архызская осенняя астрономическая школа для школьников старших классов 1-10 ноября 2014 г. http://sed.sao.ru/~vo/schools/school_XIV_2014.html)

САО РАН осуществляет подготовку научно-педагогических кадров в системе высшего образования по направлению 03.06.01 Физика и астрономия по профилю 01.03.02 Астрофизика и звездная астрономия в соответствии с научными исследованиями, проводимыми в САО РАН, в рамках 3 ступени высшего образования - аспирантуры. В 2015 году аспирантура прошла успешно государственную аккредитацию образовательной деятельности. За 2013-2015 гг. аспирантуру САО РАН окончили 4 аспиранта, из которых трое успешно защитили кандидатские диссертации.

В 2013 году созданы и действовали 2013-2015 гг. базовая кафедра «Экспериментальной астрофизики» в Казанском (Приволжском) федеральном университете, базовая кафедра «Прикладная и компьютерная спектроскопия» в Северо-Кавказском федеральном университете (г. Ставрополь) на базе слияния действовавших кафедр «Оптики и спектроскопии» и «Информационных технологий в астрофизике». Действовала базовая кафедра «Инфокоммуникационных технологий в астрофизике и астроприборостроении» СПб НИУ ИТМО в составе факультета Инфокоммуникационных технологий.

За 2013-2015 гг. визитерами САО РАН были сотрудники ГАИШ МГУ, СПбГУ, ИНАСАН, ФТИ им. А.Ф.Иоффе, К(П)ФУ, ЮФУ, ГАО НАНУ. Аспиранты Ставропольского, Московского, Санкт-Петербургского, Казанского университетов проходили краткосрочные стажировки в САО РАН.

Проходили практику разных уровней более 200 студентов Южного, Северо-Кавказского, Казанского и Уральского федеральных университетов, Санкт-Петербургского и Московского университетов, НИУ ИТМО, МФТИ, Таганрогского технологического института ЮФУ, Кубанского университета и Карачаево-Черкесской технологической академии.



