

**АННОТИРОВАННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ
О РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ, ВЫПОЛНЕННЫХ
НА ЭТАПЕ № 1**

«Обоснование проводимого направления исследований. Создание репрезентативных выборок и наблюдение новых объектов разных типов»

Соглашение от 24 августа 2012 года № 8406.

Тема: «Наблюдательные проявления эволюции звезд.»

Исполнитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Специальная астрофизическая обсерватория Российской академии наук

Ключевые слова: эволюция звезд; астрофизические наблюдения

1. Цель проекта

1.1. Задачей проекта является исследование эволюции звезд - определение основных параметров звезд из астрофизических наблюдений, сравнение с результатами современных модельных расчетов, установление и уточнение на этой основе эволюционных зависимостей звезд. Основные задачи проекта: 1) выделение репрезентативной выборки звезд в Галактике; 2) максимально точное определение фундаментальных параметров этих звезд (масса, светимость, температура, возраст); 3) исследования намагниченности выборки звезд на разных стадиях эволюции; 4) исследования проявлений двойственности и кратности звезд отдельной выборки; 5) построение диаграмм цвет-светимость и цвет-цвет для звезд, сопоставление положения исследуемых объектов с модельными треками эволюции звезд и скоплений, получение модельных распределений звезд на этих диаграммах.

1.2. Цель заключается в создании новых методик и развитии известных, результативность сравнения теории и наблюдений на должна достигнуть качественно нового уровня. У выделенных звезд, находящихся на разных стадиях эволюции требуется надежно измерить фундаментальные параметры, сравнить с современными моделями эволюции звезд позволит существенно уточнить сами модели и прояснить сценарии эволюции звезд. Целью также является получения надежных выводов о распространенности магнетизма у звезд, открытие новых магнитных звезд, выяснение механизмов эволюции магнитных полей на звездах разных типов, проверка сценариев эволюции звезд в двойных и кратных звездных системах.

2. Основные результаты проекта

2.1. На 6-м телескопе БТА проведена спектроскопия шести массивных звезд кандидатов в яркие голубые переменные (LBV) в галактике M31, а также двух классических LBV-звезд в этой галактике, выделенных еще Э. Хабблом. Классификация новых объектов как LBV была подтверждена. Мы провели квази-одновременную (в течение одного месяца) спектроскопию этих же объектов в инфракрасном диапазоне (ИК) на 3.5-м телескопе обсерватории Apache Point (США) с целью классификации спектров LBV в ИК диапазоне. Впервые описан спектр LBV-звезды в ИК диапазоне 1.0 - 2.5 микрон. Используя спектральные распределения энергии мы предварительно определили фундаментальные параметры этих звезд: температуру, светимость и величину межзвездного поглощения.

В результате исследования быстрой оптической и рентгеновской (RXTE) переменности SS433 подтверждено наличие двух компонентов - жесткого и мягкого. Анализ показал, что жесткое (8-20 кэВ) и оптическое излучение SS433 формируется в одном месте (предположительно, флуоресцентное и отраженное излучение от стенок канала), в то время как мягкое излучение в диапазоне (2-5 кэВ) запаздывает на 20-30 сек, оно формируется в релятивистских струях. Моделирование спектров мощности в рентгене позволило найти угол раствора канала сверхкритического аккреционного диска. В оптическом спектре SS433 найдены дополнительные "сверхширокие" компоненты (СШК) профилей стационарных линий. Построена компьютерная модель области формирования линий в сверхкритическом аккреционном диске. Наиболее удачно модель описывает узкие компоненты профиля линии, они формируются над фотосферой ветрового канала.

Предпринята наблюдательная проверка результатов работы различных механизмов образования и эволюции магнитных полей Ар и Вр-звезд, так как получаемые в вычислениях зависимости величины и структуры полей от возраста, скорости вращения и некоторых других параметров являются различными для случаев динамо и реликтового механизмов. Мы провели детальный анализ, результаты которого приводят нас к выводу, что наиболее подходящими объектами для исследования эволюции звездных магнитных полей являются магнитные Вр-звезды. Поэтому на основании наших наблюдений на 6м телескопе и литературных данных мы составили каталог, насчитывающий 125 массивных магнитных Вр-звезд. Выполненный нами анализ показывает, что в целом магнитное поле массивных Вр-звезд больше примерно 1.5 раза, чем у Ар-звезд. Мы также нашли, что самые сильные поля наблюдаются у самых массивных Вр-звезд, принадлежащих молодым рассеянными скоплениям. Мы нашли, что в среднем 17 молодых звезд (с возрастом $\log t < 7.5$ лет) имеют поля в 2 раза больше, чем 84 звезды с возрастом $\log t > 7.5$ лет. Уровень достоверности этих различий 99 %. Таким образом, анализ наших собственных данных и всех доступных сведений, взятых в литературе, показывает, что наиболее сильными полями среди объектов Главной последовательности обладают массивные В-звезды с аномальным химическим составом.

Выполнен анализ физических параметров, элементов орбит и динамической устойчивости кратной звезды ι UMa. Найдены орбитальные параметры подсистем, спектральные типы, абсолютные величины и массы компонентов, орбитальные периоды и эксцентриситеты.

В результате моделирования с использованием критериев устойчивости показано, что при всех возможных вариациях параметров компонентов система неустойчива на временах менее миллион лет с вероятностью более 0.98. Имеет место сближение двух двойных не связанных между собой систем в галактическом поле. Мы наблюдаем четверную систему на стадии разрушения. В прошлом имел место выброс пары, в настоящее время мы наблюдаем возвращение этой пары и переход всей системы в состояние четверного сближения. В результате такого сближения система могла потерять устойчивость, и мы наблюдаем переходную стадию в эволюции такой системы.

2.2. Все полученные научные результаты являются абсолютно новыми.

2.3. Эволюция звезд исследуется активно во всех развитых странах мира. По ряду направлений мы не в состоянии составить конкуренцию, так как для реальной конкурентной работы требуются новые крупные телескопы и дорогостоящие новые приборы. Тем не менее, выбранное в данном проекте направление исследований практически гарантирует нам получение результатов мирового уровня, так как мы активно используем списки и выборки объектов, которые уже прошли предварительное тестирование и исследование. В частности, в исследовании наиболее массивных звезд в

нашей Галактике и в галактиках Местной группы мы используем списки Проф. Ф. Массея (США), в которых предварительно было изучено сотни тысяч звезд. Мы отбираем наиболее перспективные кандидаты в LBV и, как правило, после наблюдений и анализа эти объекты оказываются LBV.

В исследованиях сверхкритического аккретора SS433 наша группа (совместно с группой акад. А.М. Черепашука, ГАИШ, МГУ) является мировым лидером. В области исследования магнетизма звезд наша группа также является лидером. Достаточно сказать, что более половины магнитных звезд в мире открывается в нашем коллективе. В области спекл-интерферометрии двойных и кратных звезд наш коллектив также является лидирующим в мире, так как телескоп БТА - самый крупный телескоп в мире, оснащенный спекл-интерферометрами. Существенная часть от мирового потока спекл-измерений проводится в нашем коллективе, при этом размер зеркала в подобных измерениях играет принципиально важную роль.

3. Назначение и область применения результатов проекта

3.1. Результаты проекта будут активно использоваться и применяться в астрофизических научных институтах и обсерваториях по всему миру, где исследователи занимаются подобными разработками. В мировых центрах по астрофизике в США, Германии, Японии и других развитых странах будут использованы как минимум результаты наших измерений магнитных полей, кратности звезд и фундаментальных параметров массивных звезд. В университетах России (МГУ, МФТИ, С-Петербургский ГУ, Казанский ГУ, Ростовский ГУ, Свердловский ГУ) и Украины (Киев), в которых готовят специалистов в области астрономии, созданные нами методики и полученные фактические данные наблюдений и измерений будут использованы для обучения студентов как в лекциях, так и в лабораторных работах.

4. Перспективы развития исследований

1) Участие в ФЦП дало мощный стимул и возможности для расширения существующих исследовательских партнерств и появлению новых в рамках тематики данного проекта. В исследовании черных дыр в двойных системах, а также в измерениях фундаментальных параметров наиболее массивных звезд, развивается партнерство с Потсдамским университетом (Германия) и с МГУ (институт ГАИШ при МГУ). В исследовании звездного магнетизма международное сотрудничество чрезвычайно разнообразно, наиболее активно оно с США, Словакии и Швеции. В изучении двойных и кратных звезд наиболее активно развивается сотрудничество с С-Петербургским и Казанским университетами, а также с центром астрофизики им. Н. Коперника в Варшаве.

2) По близкой тематике мы проводим исследования массивных звезд в ближайших галактиках - ярких голубых переменных и ультраярких рентгеновских источников. Проводятся исследования каткализмических переменных, новых и новоподобных звезд. Весьма близко к настоящей тематике исследования симбиотических звезд, которые проводятся в нашем коллективе методами спекл-интерферометрии. Особенно близки по тематике исследования красных пекулярных новых. В исследовании магнетизма звезд мы проводим исследования магнитных белых карликов, а также молодых звезд солнечного типа - звезд типа Т Тельца. Кроме того, мы проводим исследования ветров массивных звезд, для которых требуются спектры высокого спектрального и временного разрешения.

3) Наиболее перспективными центрами для сотрудничества нам представляется развитие отношений с университетом г Потсдам (Германия), так как в этом центре созданы программы для анализа атмосфер, ветров и спектров массивных звезд. Сотрудничество с этим центром позволит очень эффективно измерять фундаментальные параметры звезд. В области магнитных измерений наиболее перспективным сотрудничеством представляется развитие отношений со Словацкой обсерваторией и университетов в г. Уппсала (Швеция). Очень важным нам представляется развитие сотрудничества с группой С-Петербургского университета (кафедра Астрофизики).

5. Опыт закрепления молодых исследователей – участников проекта (этапа проекта) в области науки, образования и высоких технологий

Закреплены следующие специалисты:

Винокуров Александр Сергеевич 30.01.1989 года рождения, зачислен в очную аспирантуру САО РАН;

Якунин Илья Андреевич 07.11.1987 года рождения принят на работу на должность мнс САО РАН.

Директор
САО РАН

Балега Ю.Ю.

Руководитель Проекта

Балега Ю.Ю.