

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
НАУКИ СПЕЦИАЛЬНАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 524.3-85

№ госрегистрации 01201280407 (от 03.12.2012)

Инв.№

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор САО РАН  
член-корр. РАН  
\_\_\_\_\_ Балега Ю.Ю.  
«29» декабря 2012 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

В рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры  
инновационной России» на 2009-2013 годы

Шифр заявки «2012-1.3.1-12-000-1011-003»

Соглашение на предоставление гранта от 14 сентября 2012 г. № 8630

по теме:

**Уточнение эволюции массивных звезд путем определения  
фундаментальных параметров**  
(промежуточный, этап № 1)

Руководитель НИР, научный сотрудник,  
канд. физ.-мат. наук

\_\_\_\_\_

Валеев А.Ф.

подпись, дата

**Нижний Архыз, 2012**

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

«Подготовительный этап»

**Соглашение № 8630 от 14 сентября 2012 года.**

**Тема:** «Уточнение эволюции массивных звезд путем определения фундаментальных параметров»

**Исполнитель:** Валеев Азамат Фанилович

**Ключевые слова:** эволюция массивных звезд, моделирование спектров, атмосферы горячих звезд с ветром, фундаментальные параметры звезд

## **1 Цель проекта**

1.1 Эволюция массивных звезд в зависимости от массы и начальной металличности с теоретической точки зрения исследуется достаточно детально — на основе моделирования жизни звезды от главной последовательности до вспышки сверхновой делаются предсказания о количестве звезд разных классов в галактиках с разным химическим составом, вычисляются фундаментальные параметры в каждой точке эволюционного трека. Фундаментальные параметры на наблюдаемых звездах определены лишь для небольшого количества звезд с уникальными свойствами. Проверить согласие теоретических предсказаний и наблюдательных данных на основе малой выборки звезд крайне затруднительно.

1.2 Основной целью проекта является массовое определение фундаментальных параметров массивных звезд путем моделирования их оптических и/или инфракрасных спектров. Значительное увеличение количества звезд с изученными параметрами позволит сделать вывод о соответствии теоретических предсказаний об эволюции звезд наблюдаемым, а это в свою очередь позволит уточнить модели эволюции в зависимости от массы и металличности звезды. Поскольку в проекте наиболее крупные подвыборки относятся к трем галактикам с разной металличностью (Галактика Андромеда, Галактика в Треугольнике, Млечный Путь), мы планируем найти явные признаки различий в эволюции в зависимости от химического состава звезд.

## **2 Основные результаты проекта**

2.1 Кратко приведем основные результаты первого этапа работы:

- На 6-м телескопе САО РАН были получены оптические спектры для более чем 30 LBV-подобных звезд. Используя стандартные методики обработки длинношелевых спектров, были получены одномерные спектры указанных звезд. Впервые для всех LBV-подобных звезд в галактике Андромеда мы получили спектры охватывающем весь оптический диапазон с разрешением  $10\text{\AA}$  (что важно для оценки температуры по наклону континуума), так и участок спектра вблизи линии H $\beta$ , где сосредоточены основные диагностические линии, с разрешением  $2.5\text{\AA}$  (что критически важно для подтверждения наличия абсорбционной компоненты в некоторых спектрах и возможности прямого измерения скорости ветра на бесконечности — одной из важных характеристик ветров звезд);

- Используя программу PoWR расчета звездных атмосфер с учетом ветра, в узлах сетки в допустимом для LBV-звезд диапазоне параметров ( $\dot{M} = -3.8 \div -5.6$ ,  $\log T = 4.0 \div 4.6$ ) вычислены модели для их последующего сравнения с наблюдаемыми спектрами;
- Проведены одновременные наблюдения LBV-подобных звезд в оптическом (САО РАН, прибор SCORPIO) и инфракрасном диапазонах (Калифорнийский Технологический Университет, прибор TRIPLESPEC). Для сильнопеременных звезд этого класса крайне важно получать спектры, характеризующие одну температурную фазу фотосферы звезды;
- По спектрам, полученным на 6.5-м телескопе ММТ(Аризона), были оценены фундаментальные параметры для звезд Wolf-Rayet *углеродной последовательности* в галактиках М33 (15 звезд) и М31 (56 звезд). Получено, что эмпирическая зависимость спектральный подкласс (WC2-WC9) — светимость для галактик М33 и М31 можно аппроксимировать линейной зависимостью. Результаты готовятся к публикации;
- Для звезд Wolf-Rayet *азотной последовательности* в галактиках М33 (69 звезд) и М31 (91 звезда) были подготовлены к анализу спектры, полученные на 6.5-м телескопе ММТ(Аризона). В ближайшем будущем будут оценены фундаментальные параметры и будет проводиться дополнительное моделирование с целью уточнить полученные параметры. Планируется публикация результатов после их значительной доработки.
- Разработано методическое пособие к лабораторной работе и подготовлены данные для ее выполнения по теме «Спектроскопия туманностей и их моделирование с помощью фотоионизационного кода Cloudy». В представленной работе для ультраярких рентгеновских источников рассматриваются методы обработки длиннощелевых спектров, полученных на крупном 8-м телескопе Субару, и их дальнейший анализ с привлечением моделирования <http://www.sao.ru/jet/~azamat/grants/index.html>.

2.2 Все результаты описанные в предыдущем пункте являются новыми и ожидается их публикация в высокорейтинговых международных изданиях.

2.3 Определение фундаментальных параметров для звезд Wolf-Rayet углеродной последовательности (WC) проводилось с использованием сетки моделей, рассчитанной для WC звезд нашей галактики (Sander et al. 2012, A&A, v. 540A, p. 144), и по точности аппроксимации наблюдаемых спектров не уступает тому, что показано в указанной статье. Используемая в работе методика определения фундаментальных параметров звезд и их ветров хорошо зарекомендовала себя при исследовании единичных звезд (Groh et al. 2011, ApJ, v. 736, p. 46), в данной работе мы значительно расширяем выборку изучаемых звезд.

### 3 Назначение и область применения результатов проекта

3.1 Все предполагаемые результаты представляют собой научную продукцию из области фундаментальных научных исследований. Результаты исследования готовятся к публикации в открытой печати и будут использованы российскими и зарубежными астрофизиками для продолжения развития этих областей физики и астрофизики. Наиболее интересные объекты с уникальными параметрами будут более детально изучаться и наблюдаться на крупнейших оптических телескопах и рентгеновских обсерваториях. Рекомендации по улучшению теоретических моделей будут использованы в модельных расчетах группами, работающими в области физики звезд и галактик, в частности, в расчетах типа эволюционного синтеза. Результаты обеспечат дополнительный

прогресс в создании современных приемников излучения, в оптимизации компьютерных программ по обработке данных наблюдений. Результаты будут обязательно востребованы в основных российских институтах: ИКИ РАН, ИНАСАН РАН, ГАИШ МГУ, ФИАН, МФТИ, ИФП РАН, САО РАН, ФТИ им. Иоффе РАН.

#### **4 Перспективы развития исследований**

Данное направление исследования является достаточно перспективным, что подтверждается высоким интересом к ней иностранных ученых. Результаты работ по теме уже через 3-4 месяца широко цитируются в других публикациях, а следовательно являются востребованными для научного сообщества. В результате развития моделей атмосфер горячих звезд с учетом ветра в скором будущем будет возможно объяснять значительное количество спектральных особенностей на спектрах наблюдаемых звезд. Развитие моделей звездной эволюции в зависимости от массы и начальной металличности с учетом наших новых данных о фундаментальных параметрах звезд на разных стадиях позволят точнее предсказывать синтетические спектры звезд разного возраста, что положительно скажется на развитии внегалактической астрофизики, активно использующей знания об эволюции.

#### **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 принят на работу на должность мнс (0.5 ставки)

Руководитель работ по проекту

Валеев А.Ф.

Руководитель организации-исполнителя,  
директор САО РАН

Балега Ю.Ю.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.