

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Специальная астрофизическая обсерватория  
Российской академии наук  
(САО РАН)

УДК 520; 523.3; 523.9; 524  
№



КРАТКИЙ ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ОТЧЁТ  
о ходе выполнения научно-исследовательской работы по теме  
«ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СТРОЕНИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СР-ЗВЕЗД С  
МЕДЛЕННЫМ ВРАЩЕНИЕМ»  
Программы ОФН-17  
«Межзвездная и межгалактическая среда: активные и протяженные объекты»  
ЗА 2016 ГОД

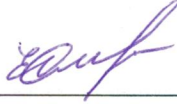
Отчет принят на заседании ученого совета САО РАН «13» декабря 2016 года  
(протокол №351).

Нижний Архыз  
2016

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы

с.н.с., к.ф-м.н.



Е. А. Семенко (введение, раздел 1,  
заключение)

Исполнители темы

н.с, к.ф-м.н.



И. А. Якунин (раздел 1)

Нормоконтролер



Узденова Ш.А.

## РЕФЕРАТ

Отчет 10 с., 2 рис., 1 прил.

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПЕРЕМЕННЫЕ ЗВЕЗДЫ, ЗВЕЗДНЫЕ АТМОСФЕРЫ

Цель работы - осуществление научной и научно-технической деятельности, в том числе проведение фундаментальных, поисковых и прикладных исследований, в области астрономии и астрофизики.

В рамках проведения программы «Изучение особенностей строения магнитных полей CP-звезд с медленным вращением» на телескопе БТА Специальной астрофизической обсерватории РАН проведены наблюдения и выполнен анализ спектров звезд HD 118660 и HD 73045, которые относятся к категории переменных A-звезд с пульсациями типа  $\delta$  Щита.

Изучение серии данных, полученных в течение одной ночи наблюдений со спектрографом ОЗСП на телескопе БТА, показал отсутствие значимой спектральной переменности звезды HD 118660. Наблюдаемые искажения профилей вызваны недостаточным накоплением сигнала в спектрах.

Измерения лучевой скорости звезды HD 73045 по линиям спектров, полученных на БТА в течение непрерывных 4 часов наблюдений в 2015 г., обнаружили колебания положения линии водорода  $H^{\text{TM}}$  с неизвестным периодом.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ .....	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	9
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	10
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ .....	10

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БТА – Большой телескоп альт-азимутальный

ОЗСП – Основной звездный спектрограф

SNR – отношение сигнал/шум (signal-to-noise ratio)

## ВВЕДЕНИЕ

Изучение звездных атмосфер предоставляет уникальную возможность исследовать свойства вещества звезд – плазмы – в условиях, которые нельзя реализовать в наземных лабораториях. Наблюдаемые проявления нестационарных процессов, которые протекают в недрах звезд или в их атмосферах, приводят к возникновению феномена переменных звезд. Последний заключается в периодическом или квазипериодическом изменении блеска звезды, ее лучевой скорости, магнитного поля (если оно существует), глубины и профилей спектральных линий.

В области эффективных температур 7000-9000 К встречаются звезды, переменность которых проявляется в виде пульсаций. Природа колебаний блеска и лучевых скоростей звезд разного типа в общих чертах понятна, но даже в настоящее время среди одних и тех же подклассов выделяются новые типы переменных звезд (Balona et al., 2016, MNRAS, 460, 1318).

Цель наших исследований заключается в проверке природы пульсаций звезд типа <sup>TM</sup> Щита, особенности которых заключаются в коротких периодах пульсаций (на границе с другим подклассом –  $\gamma$ Ar) или в значимой переменности спектральных линий. Для этого в течение 2016 г. был выполнен анализ данных двух звезд: HD 73045 и HD 118660. Обе звезды наблюдались на БТА в разное время в режиме продолжительного мониторинга (время мониторинга до 4 часов) на спектрографе ОЗСП с использованием поляриметрической приставки в сочетании с резателем изображений. Обработка наблюдательного материала была выполнена стандартным образом в системе ESO-MIDAS. Анализ спектров на предмет переменности профилей проведен с применением программ из состава системы IRAF и ряда программ, написанных авторами исследования на языке Python.

## 1 ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### 1.1 Анализ изменений лучевой скорости звезды HD 73045

Данный объект исследования представляет собой переменную звезду типа  $\delta$  Щита с основным периодом 1.5 часа. Однако анализ фотометрии, в том числе и с космических аппаратов STEREO и Kepler, показал существование больших периодов изменения блеска: до 13 дней. Объяснить такие изменения в рамках принятой теории звездных пульсаций нельзя. Ключ к разгадке может заключаться в двойственности, где HD 73045 – один из компонентов относительно широкой двойной (или даже кратной) системы.

В марте 2015 г. были проведены наблюдения звезды в режиме спектроскопии на телескопе БТА. Аналогичные по типу данные были получены год спустя на том же приборе. Кросс-корреляционный метод измерения лучевых скоростей показал изменение лучевой скорости линии водорода H $\delta$ , которое может быть вызвано как процессами связанными с самой звездой, так и инструментальной нестабильностью спектрографа. После учета последней по линиям водяного пара (рис. 1, левый график), связанным с наличием в атмосфере Земли воды, переменность лучевой скорости все равно остается (рис. 1, правый график). Период переменности по нашим данным ожидается в пределах 7 часов. Таким образом, наших данных не достаточно для уверенного заключения о природе спектральной переменности. Работа по исследованию звезды будет продолжена в следующем году с привлечение данных наблюдений с бельгийского спектрографа HERMES, работающего на о. Ла Пальма (Испания). Предварительные результаты обсуждались с коллегами из Индии во время совещания по проекту BINA в г. Наинитал (ARIES) в ноябре 2016 г.

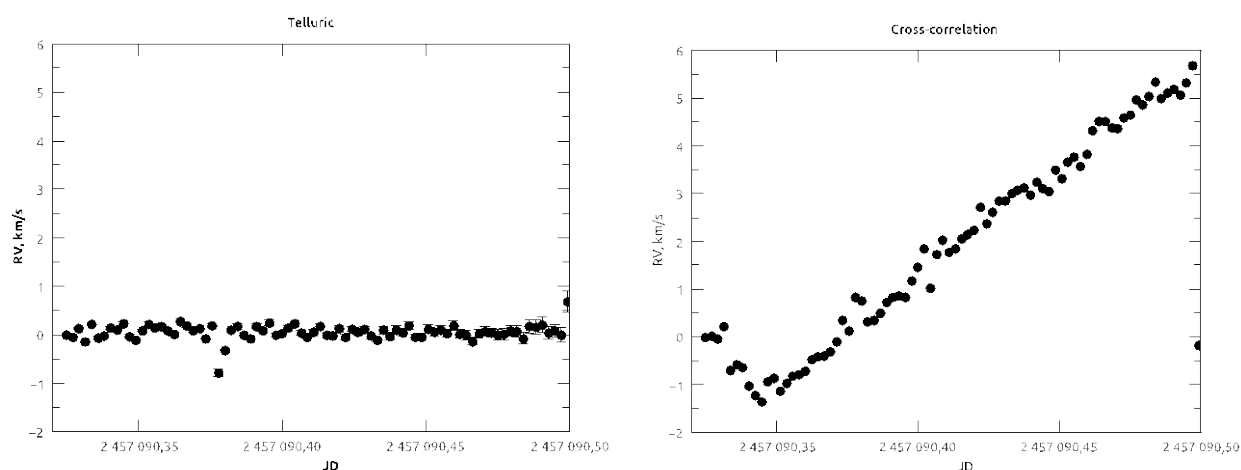


Рис. 1. Изменение лучевой скорости теллурических линий (слева) и линии H $\delta$  в спектрах HD 73045 после учета эффектов инструментальной нестабильности спектрографа ОЗСП.

## 1.2 Изучение спектральной переменности звезды HD 118660

В работе по изучению физических параметров выборки звезд типа  $\delta$  Щита (Joshi et al., 2017, MNRAS, accepted) HD 118660 показала сильную переменность отдельных линий в спектрах, полученных последовательно с интервалом 3 минуты. Характер изменения профилей типичен для пульсирующих звезд, но у звезд типа Am, к которым относится HD 118660 амплитуда спектральной переменности обычно очень мала. Мы провели наблюдения звезды, получив на БТА со спектрографом ОЗСП серию из 20 спектров. Анализ наблюдательных данных для выборки из 15 линий (звезда быстро вращается ( $v \sin i = 110$  км/с) и немногочисленные линии сильно уширены) методами кросс-корреляции и сравнением индивидуальных профилей со средним не показали какой-либо значимой переменности (рис. 2, левый график). Различия в интенсивности в области ядра линий объясняются слабыми накоплениями, что связано с требованиями к продолжительности индивидуальных экспозиций и неблагоприятными погодными условиями в ночь наблюдений. На рис. 2 правый график содержит профили линии Fe II 4508.28 Å отмеченные зеленой сплошной линией и усредненный профиль по всей серии – красная сплошная линия.

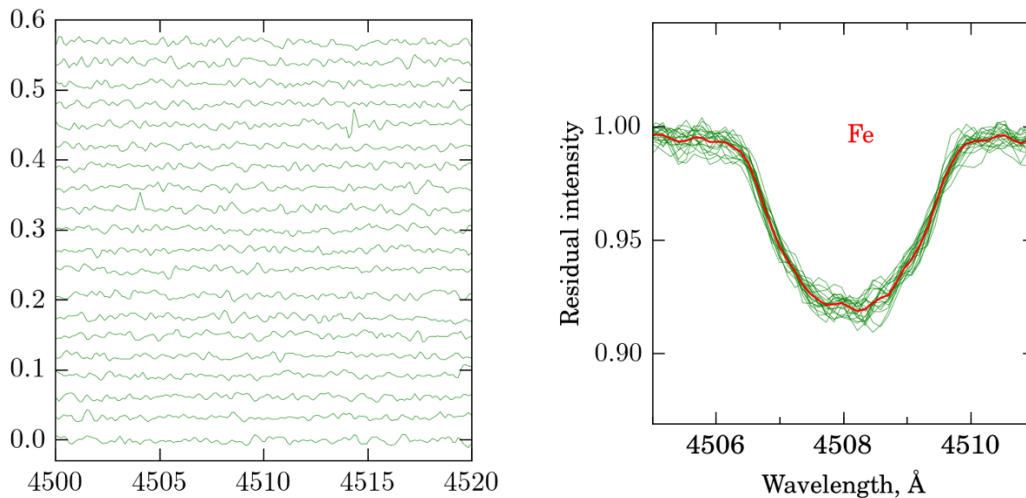


Рис. 2. Левый график – разности (со смещением) между индивидуальными спектрами HD 118660 и средним по серии в порядке увеличения времени с начала серии снизу вверх. По оси абсцисс – шкала длин волн в ангстремах. Правый график содержит индивидуальные профили линии Fe II 4508.28 Å (зеленые линии) и средний профиль, рассчитанный для всей серии (красная линия). Данный результат требует подтверждения на более качественном материале и на весну 2017 г. запланированы очередные наблюдения звезды.



Результаты исследования были представлены в виде стендового доклада на конференции VINA в Индии и готовятся к публикации в виде статьи в рецензируемом журнале.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы выполнили изучение спектральной переменности двух звезд – HD 73045 и HD 118660, которые относятся к типу переменных  $\delta$  Щита. В случае HD 73045 были выявлены изменения в форме профиля линии  $H\alpha$  и колебания лучевой скорости линии с амплитудой около 7 км/с. Правильность учета эффектов нестабильности оборудования была проверена путем измерения лучевой скорости теллурических линий, которые формируются в атмосфере Земли. Характер изменения лучевой скорости подразумевает существование периода около 7 часов. Проверить это предположение можно только в новых наблюдениях большей продолжительности.

Звезда HD 118660 в ранних наблюдениях показала переменность отдельных профилей, которую можно связать с существованием пульсаций в атмосфере звезды. Серия наблюдений звезды на спектрографе ОЗСП не показала значимой переменности. Выявленные различия в форме линий представляют собой результат слабых накоплений (SNR=200) одиночных спектров.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

#### В ИНОСТРАННЫХ РЕФЕРИРУЕМЫХ НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ

1. Joshi S., Semenko E., Moiseeva A., Sharma K., Joshi Y. C., Sachkov M., Singh H. P., Kumar Y. B., High-resolution spectroscopy and spectropolarimetry of selected  $\delta$  Sct pulsating variables, 2017, MNRAS (accepted).

#### В МАТЕРИАЛАХ КОНФЕРЕНЦИЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЯ

1. Semenko E., High-resolution spectroscopy of pulsating A-stars, 1<sup>st</sup> BINA Workshop, ARIES, Nainital, Manora Peak, 15-18 November 2016.