

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ П.К.ШТЕРНБЕРГА

№ госрегистрации  
115021270023

УТВЕРЖДАЮ  
Директор/декан

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
" \_\_ " \_\_\_\_\_ г.

УДК

524.352 Сверхновые звезды

524.33 Переменные звезды. Физические переменные

ОТЧЕТ  
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Физика и эволюция звезд

по теме:

Изучение переменных звезд. Составление Общего каталога переменных звезд.  
(промежуточный)

Зам. директора/декана  
по научной работе

\_\_\_\_\_  
" \_\_ " \_\_\_\_\_ г.

Руководитель темы  
Самусь Н.Н.

\_\_\_\_\_  
" \_\_ " \_\_\_\_\_ г.

## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

ведущий научный сотрудник, доктор \_\_\_\_\_ (Самусь Н.Н.)  
физико-математических наук, профессор по специальности

Исполнители темы:

ученый секретарь, кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Антипин С.В.)

старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Волков И.М.)

старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Галкина М.П.)  
\_\_\_\_\_ (Горанский В.П.)

ведущий специалист \_\_\_\_\_ (Денисенко Д.В.)

научный сотрудник \_\_\_\_\_ (Дурлевич О.В.)

научный сотрудник \_\_\_\_\_ (Жарова А.В.)

специалист \_\_\_\_\_ (Зубарева А.М.)

старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Кравцов В.В.)

научный сотрудник, кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Крылов А.В.)

ведущий специалист, кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Магницкий А.К.)

научный сотрудник \_\_\_\_\_ (Метлова Н.В.)

ведущий специалист, кандидат физико-математических наук \_\_\_\_\_ (Соколовский К.В.)

ведущий специалист \_\_\_\_\_ (Хруслов А.В.)

## РЕФЕРАТ

Ключевые слова:

исследование изменений блеска звезд, фотометрия звезд, переменные звезды, звезды, каталогизация звезд, классификация переменных звезд

Ключевые слова по-английски:

stellar photometry, variable stars, star catalogues, classification of variable stars, stars, studies of stellar brightness variations

Работы по составлению Общего каталога переменных звезд (ОКПЗ) ведутся в СССР и России с 1946 г. по поручению Международного астрономического союза и предполагают отслеживание сообщений об открытии и исследовании переменных звезд в мировой астрономической литературе, разработку системы классификации переменных звезд, определение типа переменности для новых переменных звезд, составление Списков обозначений, проверку информации по доступным данным автоматических обзоров и по своим наблюдениям. Тема предусматривает собственные исследования избранных типов переменных звезд. Для этих исследований должны проводиться фотометрические и спектральные наблюдения переменных звезд как на телескопах ГАИШ МГУ, так и на телескопах других обсерваторий России и зарубежных стран. Информация Общего каталога переменных звезд предоставляется пользователям через регулярно обновляемый интернет-сайт ОКПЗ.

## ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения темы в 2016 году были продолжены работы по систематизации сведений о переменных звездах из текущей литературы. Была разработана структура 5-го издания ОКПЗ, в котором будет представлена как традиционная, так и новая система классификации. Продолжалось сканирование фототеки ГАИШ; по сканам проводился поиск новых переменных звезд. На основе этого поиска в 2016 г. начато сравнение результатов традиционной и автоматической систем классификации переменных звезд по фотометрическим данным. На телескопах Кавказской горной обсерватории МГУ, Южной (Крымской) обсерватории МГУ, САО РАН и др. выполнен большой объем фотометрических и спектральных наблюдений переменных звезд. В 2016 г. в программе наблюдений преобладали затменные и катаклизмические переменные звезды. Сайт Общего каталога переменных звезд посетило большое количество пользователей, получивших самую свежую авторизованную информацию.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вторая часть 81-го списка обозначений переменных звезд, указанная как сданная в печать в отчете за 2015 г., вышла из печати в последние дни 2015 года.

Полная ревизия данных об объектах Общего каталога переменных звезд (ОКПЗ) завершена для созвездия Киля (837 звезд), выполнена для созвездия Кассиопеи (1307 звезд), ведется для созвездий Центавра (1412 звезд) и Хамелеона (240 звезд). Полностью ревидованы также данные о 1500 звездах каталога заподозренных переменных звезд NSV; в процессе этой работы 440 звезд отобрано для включения в ОКПЗ, для них выполнено полное исследование по фотометрическим данным автоматизированных обзоров. Разработана новая форма представления информации в электронной базе ОКПЗ, соответствующая официальному переходу ОКПЗ на этап пятого издания; статья принята к печати в "Астрономическом Журнале". В 2016 г. электронная версия ОКПЗ была обновлена и дополнена с учетом уточненных данных для многих звезд ОКПЗ. Внесено около 20000 исправлений и уточнений в базу данных, необходимость которых выявлена в процессе исследований. Усовершенствована программа поиска по базе данных. В 2016 г. зарегистрировано около 15000 визитов на сайт (13 процентов из США, 12 процентов из России, по 10 процентов из Германии и Японии). В поисковой системе Google более 14600 ссылок на ресурс (Н.Н. Самусь, О.В. Дурлевич, М.П. Галкина, сотрудники ИНАСАН Е.В. Казаровец, Е.Н. Пастухова, Н.Н. Киреева и др.).

Совместно с астрономами Чили и США (группа К. Пичары) проведено сравнение результатов классификации переменных звезд, открытых по программе сканирования фототеки ГАИШ МГУ - проведенной московским коллективом исследователей переменных звезд традиционными методами и выполненной группой Пичары на основе автоматического самообучающегося алгоритма. Найдено хорошее согласие в большинстве случаев, позволяющее надеяться на более широкое применение автоматической классификации в дальнейшей работе нашей группы. Готовится статья (С.В. Антипин, Н.Н. Самусь, сотрудник ИНАСАН Д.М. Колесникова). Проведено сравнение 18 методов открытия переменных звезд по фотометрическим данным, выделены два наиболее перспективных метода, при этом открыто 124 новых переменных звезды; принята статья в MNRAS. Продолжено сканирование фотопластинок фототеки ГАИШ. Для звезд, получающих по сканам статус заподозренных переменных, проводились ПЗС-наблюдения на телескопах Крымской лаборатории МГУ. ПЗС-наблюдения производились также для избранных переменных звезд, открываемых по программе MASTER и по другим программам. По результатам поиска переменных звезд по сканам сделан доклад на международной конференции. По архивным данным и новым ПЗС-наблюдениям продолжено изучение пульсирующих переменных с множественной периодичностью (С.В. Антипин, Д.В. Денисенко, А.В. Жарова, А.М. Зубарева, А.В. Крылов, Н.Н. Самусь, К.В. Соколовский, А.В. Хруслов, сотрудник ИНАСАН Д.М. Колесникова).

На 1-м и 60-см телескопах Симеизской обсерватории получено свыше 18300 ПЗС-кадров в системе UBVR<sub>I</sub>, а также около 400 измерений на электрофотометре с фотоэлектронным умножителем. Фотометрия проводилась по программам исследований затменных двойных систем, новых и сверхновых звезд, рентгеновских источников. На пике Терскол начаты спектральные наблюдения затменных двойных систем с разрешением  $R = 65000$ . На основе наблюдений проводится моделирование исследуемых систем, определение их физических характеристик. У трех систем впервые обнаружено и исследовано апсидальное движение. У двойных систем EQ Boo и Alpha CrV найдены указания на наличие третьих тел в системах; в случае Alpha CrV спутником может быть белый карлик или нейтронная звезда. Третьи компоненты южных систем DX Vel и RW CrA обнаружены на основе анализа архивных наблюдений; у V646 Cen найдены изменения периода,

интерпретируемые как результат перетекания вещества. У этих трех систем определены физические характеристики компонентов. Была сделана попытка построить тем же способом модель системы AQ Tuc. Точную модель построить не удалось вследствие наличия в системе эффекта О'Коннелла. Проведены скрупулезные фотометрические исследования тонких эффектов у маломассивной рентгеновской системы HZ Her. Одна статья принята к печати, одна статья готовится к печати в *Astronomy and Astrophysics* (И.М. Волков). В течение 40 ночей Н.В. Метлова получила фотоэлектрические наблюдения в системе UBV 15 объектов.

Продолжены наблюдения транзientа PSN J09093496+3307204 в галактике NGC 2770, который перешел в фазу сверхновой и получил обозначение SN 2015bh, до достижения им звездной величины 22.4. Установлено, что произошло слияние компонентов массивной системы, содержащей голубую переменную высокой светимости (LBV), причем процесс слияния был прерван коллапсом ядра LBV (В.П. Горанский, И.М. Волков, А.В. Жарова, сотрудники других отделов Д.Ю. Цветков, В.Г. Метлов, сотрудники САО РАН Е.А. Барсукова, А.Ф. Валеев). Опубликована статья. Проведены наблюдения красной новой PSN J14021678+5426205 в галактике M101 в ближнем ИК диапазоне на 2.5-м телескопе КГО МГУ в январе и марте 2016 г., уже после того, как в оптическом диапазоне звезда исчезла за пределом достижимости 6-м телескопа БТА, 23m R. Событие интерпретировано как слияние компонентов в массивной двойной системе OB-звезд. Опубликованы две статьи (В.П. Горанский, сотрудники других отделов А.В. Додин, А.М. Татарников, Н.И. Шатский, А.Е. Наджиц, а также сотрудники САО РАН Е.А. Барсукова и А.Ф. Валеев, проводившие параллельные наблюдения на БТА).

Подведены итоги 18-летних наблюдений В[e]-звезды CI Cam. Всего получено 6500 многоцветных UBVR наблюдений (586 ночей), 198 спектров низкого и среднего разрешения, 65 спектров высокого разрешения, выполнен мониторинг в полосе V (69 ночей). Обнаружено, что CI Cam – пульсирующая звезда с белым карликом на орбите с периодом 19.400 сут. В систему входит третий массивный компонент, который вызывает доплеровское смещение эмиссионных (и даже запрещенных) линий околозвездной туманности. В 2007 г. произошло тесное сближение системы В[e]+WD с этим компонентом, при этом В[e]-звезда перешла в активное состояние с повышенным блеском на 0.4m и усилением излучения в линии He II 4686 Å вдвое. Форма кривой лучевой скорости белого карлика изменилась. Найдены орбитальные решения для кривой лучевой скорости туманности с периодом больше 160 лет (В.П. Горанский, Н.В. Метлова, совместно с САО РАН и зарубежными исследователями). Сделан доклад на международной конференции.

Изучена уникальная повторная новая M31N 2008-12a с периодом повторения вспышек 351+/-13 сут (возможно, период вдвое короче). При каждой вспышке звезда проходит фазу сверхмягкого рентгеновского источника, которая наступает через 5 сут после максимума и продолжается 13 сут. В Крымской лаборатории МГУ получена детальная кривая блеска повторной новой M31N 1990-10a, снова появившейся в июле 2016 г. Опубликованы 2 статьи (В.П. Горанский в составе международного коллектива исследователей).

Продолжено слежение за объектом SS 433 = V1343 Aql с 25-см телескопом и усилителем яркости (В.П. Горанский). Вблизи фотометрического максимума Т3 в августе–октябре 2016 г. затмения стали мелкими или вообще не наступали в расчетные моменты, при этом блеск вне затмений не уменьшался после момента Т3 в соответствии с прецессионными изменениями, а оставался ярким до момента Т1. Кривая блеска в это время прослежена ПЗС-наблюдениями на телескопе Цейсс-1000 САО РАН В.П. Горанским совместно с О.И. Спиридоновой (САО РАН), а также на телескопах Крымской станции МГУ Т.Р. Ирсамбетовой и А.В. Жаровой. Предложена интерпретация, предполагающая переход оптической звезды в динамический режим аккреции, в котором полость Роша нейтронной звезды заполняется и эпизодически переполняется падающим с донора веществом. Сделан

доклад на конференции.

По наблюдениям на 6-м телескопе БТА обнаружено инфракрасное эхо от остатка красной новой V838 Mon. Эхо видно в фотометрической полосе I на длине волны 0.79 мкм, но не видно в полосе R и в других полосах оптического диапазона. Эхо интерпретируется как отражение излучения красного сверхгиганта на частицах пылевой туманности. V838 Mon находится не в центре светящейся в ИК диапазоне области, из чего следует, что туманность не образовалась из выбросов самой звезды, как предполагалось ранее. Спутник взорвавшейся в 2002 г. звезды – горячая звезда класса B3V в настоящее время находится внутри красного сверхгиганта класса M – остатка взрыва (В.П. Горанский).

Продолжено изучение радиальных эффектов в шаровых скоплениях Галактики, в которых такие эффекты были заподозрены ранее. Основным объектом более детального исследования стало шаровое скопление NGC 3201, в котором, среди ряда других шаровых скоплений, ранее был обнаружен необычный радиальный тренд обилия железа. Отношение  $[Fe/H]$  показало небольшой, но статистически значимый рост (в пределах  $\Delta[Fe/H] < 0.1$  dex) в направлении от центра скопления. Для проверки реальности эффекта собраны и проанализированы независимо полученные разными авторами данные по  $[Fe/H]$  в NGC 3201. Оказалось, что эти данные воспроизводят тренд как по знаку, так и по величине (в пределах ошибки). Обнаружен также и более явный тренд обилия кислорода ( $[O/Fe]$ ) того же знака (уменьшение к центру скопления), что и тренд  $[Fe/H]$ .  $\Delta[O/Fe]$  в пределах 9 угл. мин. от центра скопления достигает порядка 0.2–0.3 dex. Проводится сравнение с фотометрическими радиальными эффектами в скоплении. Сдана в печать статья (В.В. Кравцов).

С 11 сентября по 11 декабря 2016 г. на Майданакской обсерватории проведены фотометрические наблюдения звезд, подобных Солнцу, в Плеядах. Изготовлена электроника для вновь вводимого в эксплуатацию третьего телескопа Цейсс-600 на Майданакской обсерватории. Сдана в печать статья (А.К. Магницкий).

С использованием орбитального телескопа Swift проведен поиск рентгеновского излучения от трёх транзиентных источников, обнаруженных в оптическом диапазоне: MASTER OT J051032.58-692130.4 (классическая новая в Малом Магелановом Облаке), Gaia16avf (предположительно - сверхновая), Gaia16aue (событие микролинзирования). Завершена обработка наблюдений блазара 3C 279 космическим телескопом Swift во время интенсивной наблюдательной компании в декабре 2013 - январе 2014. Завершена обработка наземных фотометрических наблюдений блазара 3C 279 и их интерпретация в контексте одновременных оптических поляриметрических наблюдений (К.В. Соколовский).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными результатами выполнения темы в 2016 г. следует признать следующие. Завершена полная ревизия ОКПЗ в двух созвездиях. 440 заподозренных переменных звезд отобрано для включения в ОКПЗ. Начато детальное сравнение результатов ручной и автоматической классификации переменных звезд. Выделены два наиболее перспективных метода открытия переменных звезд по фотометрическим данным. Получены большие объемы новых фотометрических и спектральных данных о переменных звездах, ряд систем исследован детально. Проведено исследование радиальных эффектов в шаровом звездном скоплении NGC 3201. Защищена кандидатская диссертация участника темы А.В. Хрустова. Исследования по теме проводятся успешно, опубликовано большое количество статей, в том числе в высокорейтинговых журналах. Участники темы активно участвовали в международных конференциях.

ПРИЛОЖЕНИЕ А  
Объем финансирования темы в 2016 году  
Таблица А.1

Источник финансирования	Объем (руб.)	
	Получено	Освоено собственными силами
Денежные средства в виде субсидии на выполнение фундаментальных научных исследований в соответствии с госзадаaniem МГУ, часть 2 (р. 01 10)	5 604 000,0	5 604 000,0