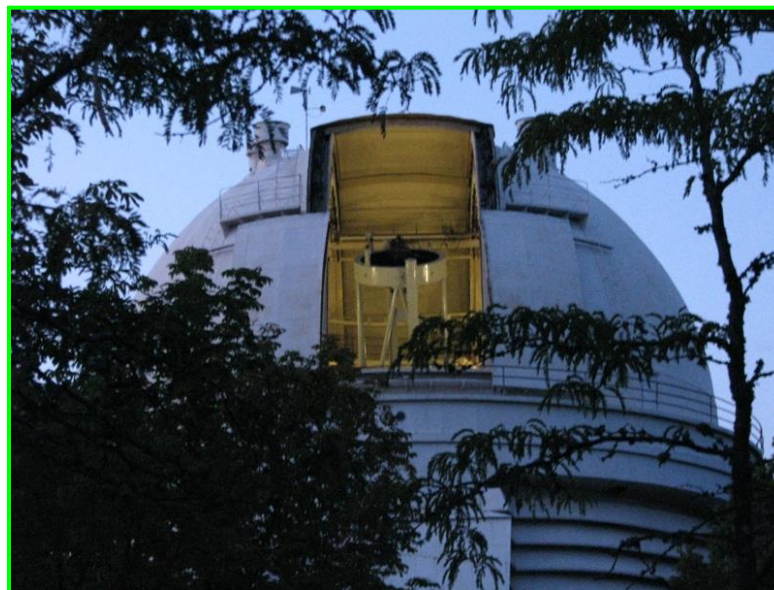




ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОТДЕЛА ФИЗИКИ ЗВЕЗД В 2018 ГОДУ



ЛАБОРАТОРИЯ ЗВЕЗДНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

ЗВЁЗДЫ НА РАННИХ СТАДИЯХ ЭВОЛЮЦИИ:

физические характеристики, химический состав
и поиск экзопланет

Легкие химические элементы в звездах: загадки и нерешенные проблемы.

Л.С. Любимков

В обзоре рассмотрены первые восемь элементов периодической системы химических элементов – H, He, Li, Be, B, C, N и O. Примечательно, что все эти элементы первоначально были синтезированы в Большом Взрыве. Приведены первичные содержания изотопов этих элементов, рассчитанные на основе СМБВ (Стандартная Модель Большого Взрыва). Для первичных содержаний изотопов водорода и гелия (дейтерий, ^3He и ^4He) имеет место отличное согласие между СМБВ и наблюдательными данными, однако в случае лития (изотоп ^7Li) между теорией и наблюдениями существует расхождение в 0.5 dex. Этот факт получен из наблюдений старых звезд гало Галактики, для которых обнаружены две особенности, пока не нашедшие объяснения в теории: «литиевое плато» с содержанием лития $\log \epsilon(\text{Li}) = 2.2$ (именно эта величина на 0.5 dex меньше предсказания СМБВ), а также существенное понижение этой величины для ряда звезд.

Содержание легких элементов в атмосферах звезд зависит от начальной скорости вращения, поэтому рассмотрены типичные скорости вращения молодых звезд на стадии ГП. Отмечено, что, в отличие от традиционных представлений, современные данные для горячих звезд (классы В и О) указывают на большое число (около 80%) звезд с невысокими скоростями вращения ≤ 150 км/с; этот факт играет важную роль в интерпретации наблюдаемых содержаний легких элементов.

Учитывая обилие данных о содержаниях легких элементов в звездах, основной акцент обзора сделан на некоторых нерешенных проблемах.

Молодые звезды-близнецы в системе S Южной Короны

П.П. Петров с зарубежными коллегами

Исследована двойная система S CrA, где каждый компонент - молодая переменная звезда типа Т Тельца с аккреционным диском. По спектрам высокого разрешения, полученным на телескопе VLT в Южной европейской обсерватории, определены физические параметры каждого компонента. Показано, что оба компонента имеют одинаковые параметры: $T_{\text{eff}}=4250$ K, $\log g = 4.0$, $v \sin i = 12$ км/с, масса $M=1 M_{\text{sun}}$, светимость $L=0.7 L_{\text{sun}}$. При этом, наблюдаемые профили эмиссионных линий в спектрах компонентов различаются. Выполнены не-ЛТР расчеты переноса излучения в модели, включающей магнитосферную аккрецию и дисковый ветер, и рассчитаны профили Бальмеровских линий (рис. X). Для каждого компонента определены темп аккреции ($5 \times 10^{-7} M_{\text{sun}}/\text{yr}$) и углы наклона оси вращения аккреционного диска к лучу зрения (> 60 градусов).

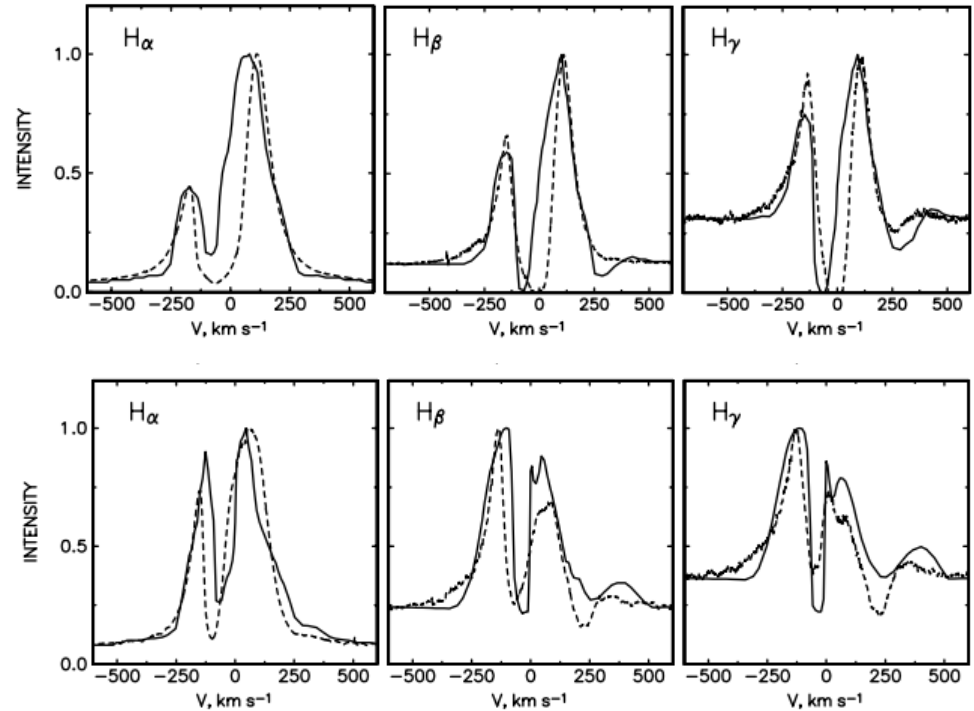


Рис. 1. Сравнение вычисленных профилей Бальмеровских линий (сплошная линия) с наблюдаемыми профилями (пунктирная линия) у двух компонентов двойной системы S CrA: S CrA NW (вверху) и S CrA SE (внизу).

Особенности эффекта вуалирования в случае очень активных молодых звезд типа Т Тельца

П.П. Петров с зарубежными коллегами

Анализ фотосферных спектров звезд Т Тельца с высоким темпом аккреции показал, что эффект вуалирования фотосферных линий вызван двумя факторами: а) нагревом верхних слоев фотосферы излучением ударной волны в основании аккреционного канала и б) непрерывным излучением горячего фотосферного пятна. В отличие от существующей парадигмы, излучение горячего пятна не является основным фактором. Полученный результат позволяет более точно определять основные параметры молодых звезд и темп аккреции. По спектрам высокого разрешения звезд типа Т Тельца V1331 Cyg, Lk Ha 321 и AS 353A определены: спектральный класс, светимость, масса, радиус, скорость вращения и темп аккреции массы.

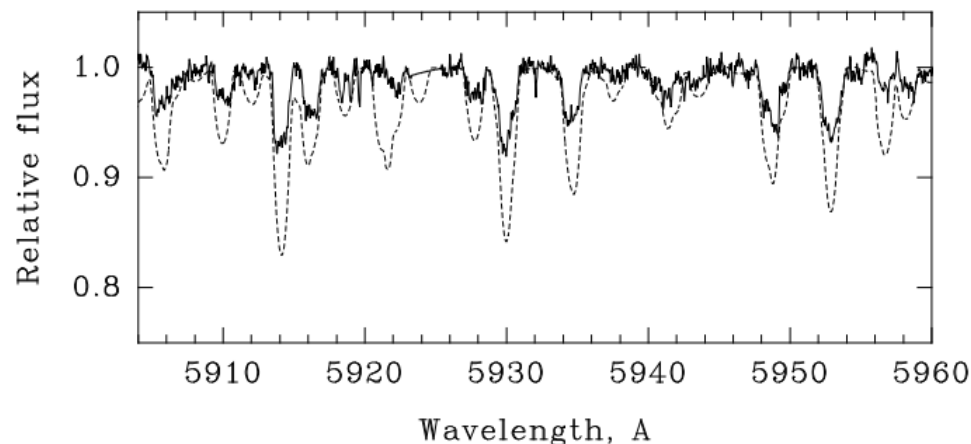


Рис. 2. Сравнение фотосферных линий LkHa 321 с синтетическим спектром. Имеет место значительное вуалирование фотосферных линий.

Аккреционные светимости и темпы аккреции массы

Star	Template	VC	$\log(L_{\text{He}}/L_{\text{star}})$ (dex)	$\log(L_{\text{acc}}/L_{\text{star}})$ (dex)	$\log(\dot{M}_{\text{acc}})$ ($M_{\odot}\text{yr}^{-1}$)
LkH α 321	G8V	0.0	-4.97	-1.72	-7.4
V1331 Cyg	K0V	0.1	-4.51	-1.21	-6.9
AS 353A	K0V	0.6	-3.6	-0.31	-7.1

Взаимодействия между звездой и диском в случае GI Tau - классической звезды типа Т Тельца

К.Н. Гранкин с зарубежными коллегами

Двухлетние фотометрические наблюдения GI Tau позволили детально исследовать фотометрическую переменность этой звезды и показать, что она вызвана несколькими механизмами: переменной околозвездной экстинкцией, нестационарной аккрецией и температурными неоднородностями в фотосфере (холодными пятнами). Случайные глубокие ослабления блеска на 2-3 звездные величины (продолжительностью от 3-5 до 80 суток) обусловлены переменной околозвездной экстинкцией. Неглубокие кратковременные ослабления блеска с квазипериодом около 18.4 суток вызваны частичными затмениями звезды деформированным внутренним краем диска. Зарегистрирована также фотометрическая модуляция холодными фотосферными пятнами с небольшой амплитудой и с периодом 7.03 суток, который соответствует периоду вращения звезды.

Z. Guo; G. J. Herczeg; J. Jose; et al.
The Astrophys. Journ., 2018, Vol. 852, P. 56.

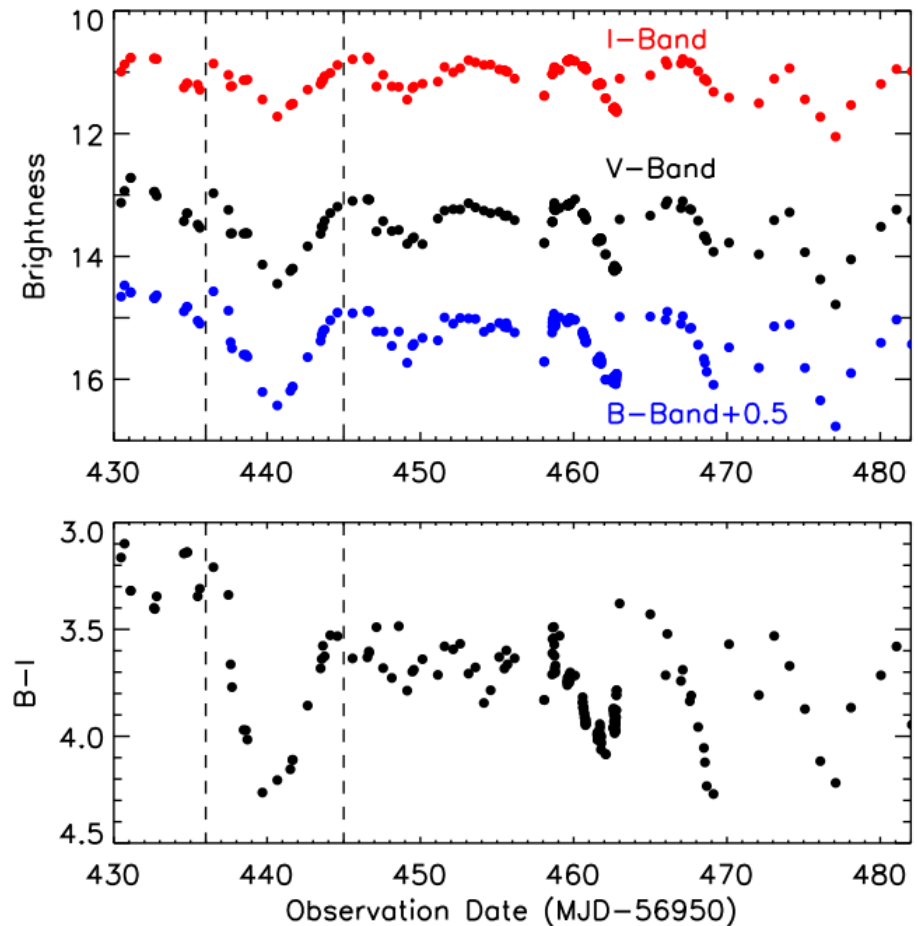


Рис. 3. Верхняя панель: кривые блеска GI Tau в полосах B, V и R, демонстрирующие одновременное проявление пятенной вращательной модуляции и переменной околозвездной экстинкции. Нижняя панель: изменения показателя цвета B-I во время длительного глубокого ослабления блеска.

Глубокое ослабление блеска SU Aur в оптике и ближнем инфракрасном диапазоне.

К.Н. Гранкин и П.П. Петров с коллегами

Одновременные оптические (BVRI) и инфракрасные (JHKLM) наблюдения молодой звезды SU Aur, выполненные в течение трех наблюдательных сезонов, позволили зарегистрировать глубокое ослабление блеска с амплитудой около одной звездной величины в полосе V и продолжительностью около 15-17 суток. Это ослабление было также зафиксировано в ИК-полосах JHK, но с меньшей амплитудой. Напротив, в ИК-полосах L и M никакого ослабления блеска не наблюдалось (рис. 2). Такое фотометрическое поведение может быть объяснено появлением на луче зрения дополнительной горячей пыли в момент оптического затмения, которая дает дополнительный вклад в излучение системы звезда-диск в ИК-полосах. Эта дополнительная горячая пыль может быть поднята над плоскостью диска благодаря дисковому ветру, образующемуся во внутренних областях диска. В оптическом диапазоне спектра эта пыль затмевает звезду, что регистрируется как ослабление блеска в полосе V.

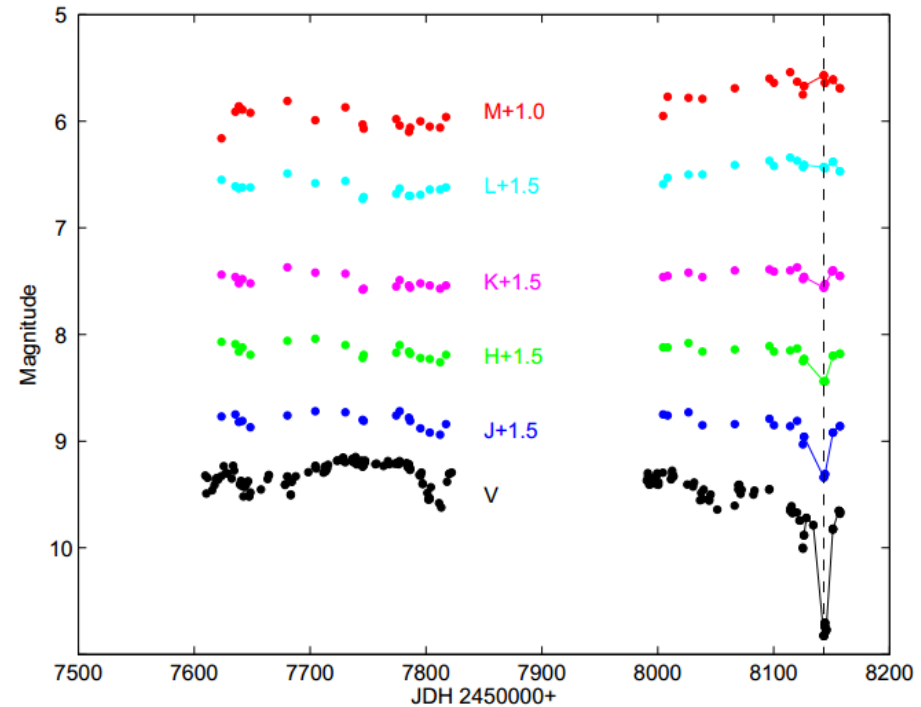


Рис. 4. Кривые блеска SU Aur в полосах VJHKLM в 2016-2018гг. Момент глубокого ослабления блеска отмечен вертикальной штриховой линией.

K.N. Grankin; V.I. Shenavrin; T.R. Irsambetova; **P.P. Petrov.**

Inf. Bul. on Var. Stars, 2018, No. 6253, P. 1-4.

Об особенностях спектральной переменности Ae/Be звезды Хербига HD 37806.

О.В. Козлова с коллегами

Анализ 72 спектров этого объекта, полученных в КрАО (Россия) и OAN SPM (Мексика), позволил получить следующие результаты. В течение одного месяца линия H α может изменять свой профиль с P Cyg III на двойной эмиссионный и обратно. Профили линий H α и DNaI демонстрируют узкие абсорбционные компоненты, которые меняют свои лучевые скорости с характерным временем в одни сутки. В отдельные даты в профилях линий H β , HeI 5876 и D NaI зарегистрированы признаки аккреции с характерным временем жизни в несколько суток. В работе обсуждаются возможные причины обнаруженных спектральных особенностей.

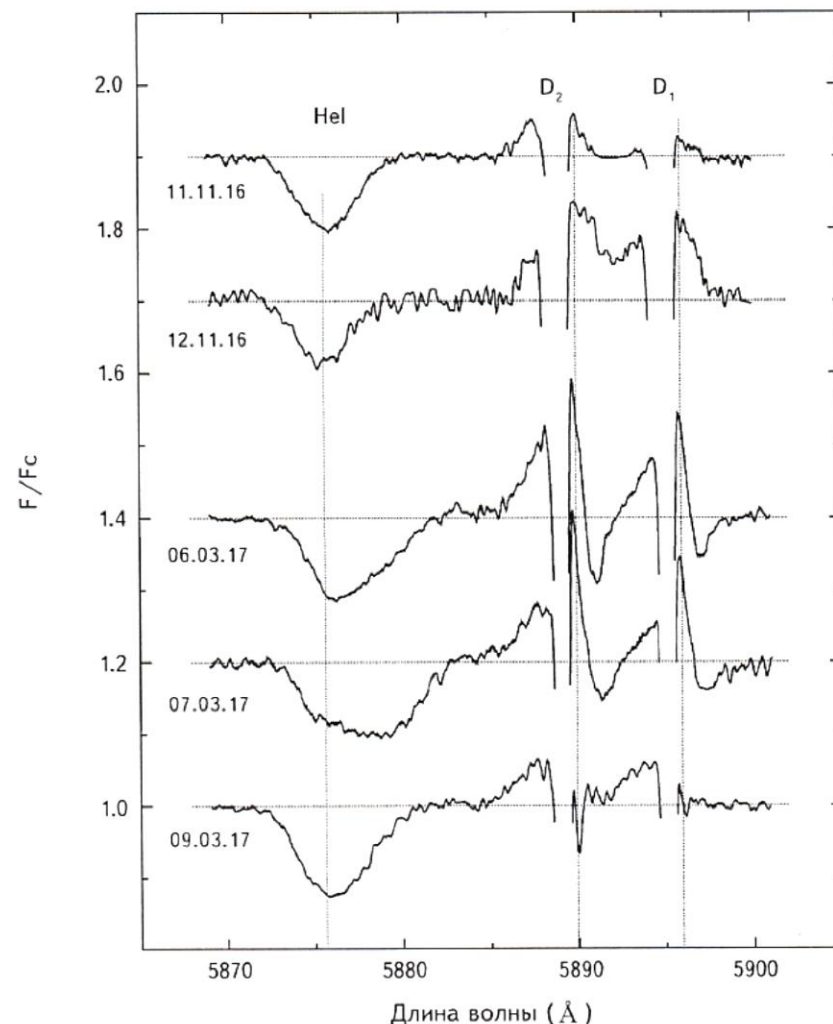


Рис. 5. Профили линии He I, иллюстрирующие появление и развитие признаков аккреции в марте 2017 г.

М.А. Погодин; С.Е. Павловский; **О.В. Козлова**; и др.
Астрофизика, 2018, т. 61, вып. 1, стр. 15.

Кислород и натрий в звездах типа RR Lyr

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

По 62 спектрограммам был выполнен анализ спектров 30 звезд поля типа RR Lyr с целью определения содержания кислорода и натрия. При определении содержания учитывалось влияние не-ЛТР эффектов. Фундаментальные параметры (T_{eff} , $\log g$, V_t) и металличность звезд были найдены путем подгонки синтетического спектра, при помощи комплекса программ SME.

Получены и проанализированы зависимости содержания натрия и кислорода от металличности программных звезд. Было найдено, что нет никакой явной антикорреляции между $[\text{O}/\text{Fe}]$, и $[\text{Na}/\text{Fe}]$ в отличие от звезд шаровых скоплений. Это говорит о том, что большинство звезд поля типа RR Lyr не является продуктом распада шаровых скоплений.

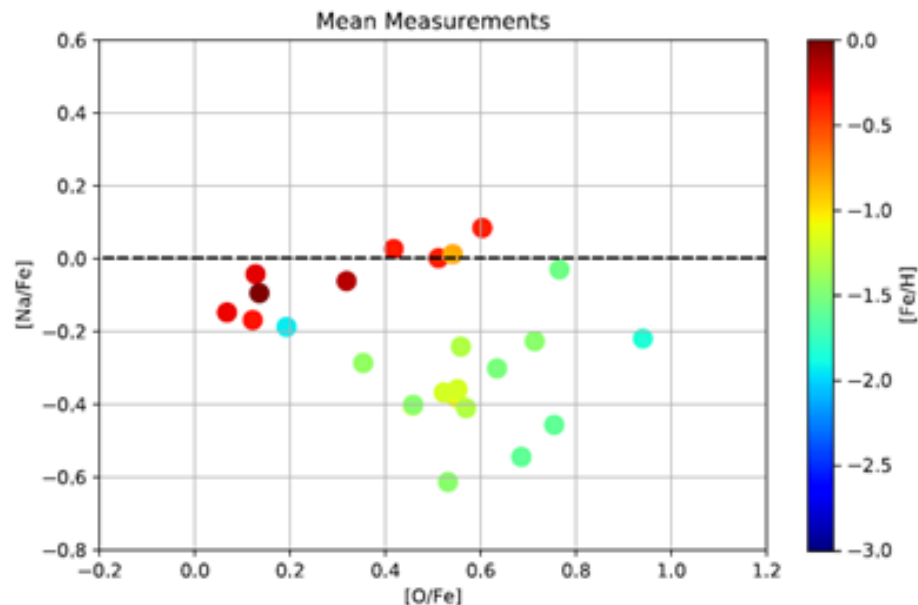


Рис. X. Зависимость $[\text{Na}/\text{Fe}]$ от $[\text{O}/\text{Fe}]$

Базисные параметры и содержания 11 элементов для цефеид II типа

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

Проанализированы 10 спектров высокого разрешения для цефеид принадлежащих гало Галактики с периодами меньше чем 3 дня (цефеиды II типа). Были определены параметры атмосфер и получено содержание 11 химических элементов, в том числе углерода, кислорода и натрия с учетом отклонений от ЛТР.

Было найдено, что исследуемые звезды разделяются на две группы: звезды с близкой или немного ниже солнечной металличностью, и звезды с $[\text{Fe}/\text{H}]$ между -1.5 и -2.0 . В то время как звезды околосолнечной металличности обычно называют звездами типа BL Her, было предложено называть цефеиды II типа с дефицитом металлов звездами типа UY Eri. Подкласс UY Eri, возможно подобен короткопериодическим переменным в шаровых скоплениях гало Галактики.

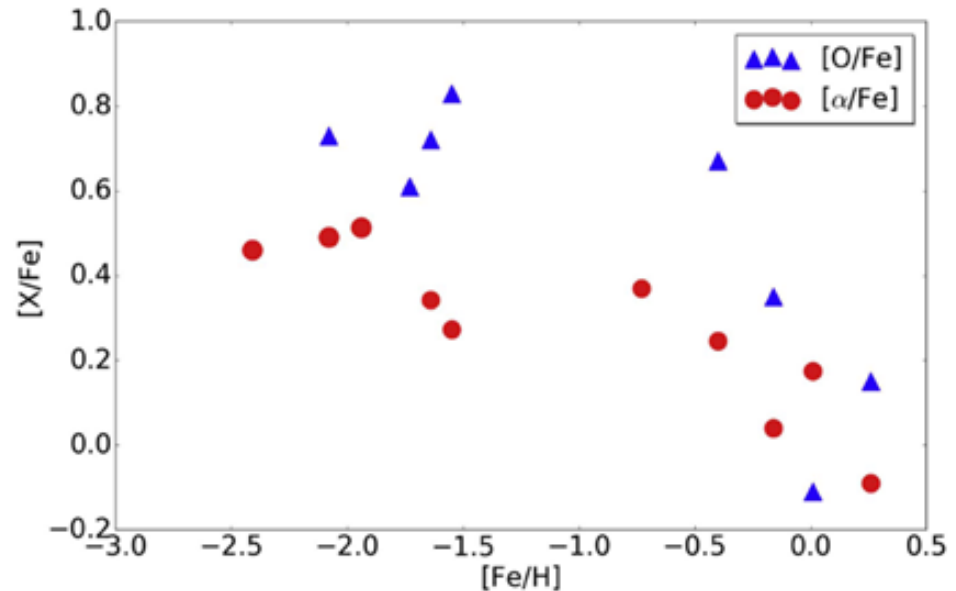


Рис. 9. Зависимость $[\text{O}/\text{Fe}]$ и $[\alpha/\text{Fe}]$ от $[\text{Fe}/\text{H}]$ для исследуемых звезд.

Цефеиды II типа: свидетельство существования Na–O антикорреляции для звезд типа BL Her?

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

В этой работе были продолжены исследования цефеид II типа на выборке из 29 звезд. Использовались спектрограммы высокого разрешения (от 35 000 до 100 000). Для всех объектов были определены параметры атмосфер и проведен анализ содержания 15 химических элементов. Одна из исследуемых звезд была классифицирована, как звезда типа RR Lyr.

Отмечено, что химический состав переменных звезд типа W Vir (с периодами длиннее 8 суток) типичен для гало и звезд толстого диска. Однако, химический состав звезд типа BL Her (с периодами от 0.8 до 4 суток) серьезно отличается. При этом их химический состав близок к звездам, принадлежащим шаровым скоплениям. Об этом говорят большие избытки ($[Na/Fe] \approx 0.4$) у большинства этих звезд, и возможная антикорреляция Na–O.

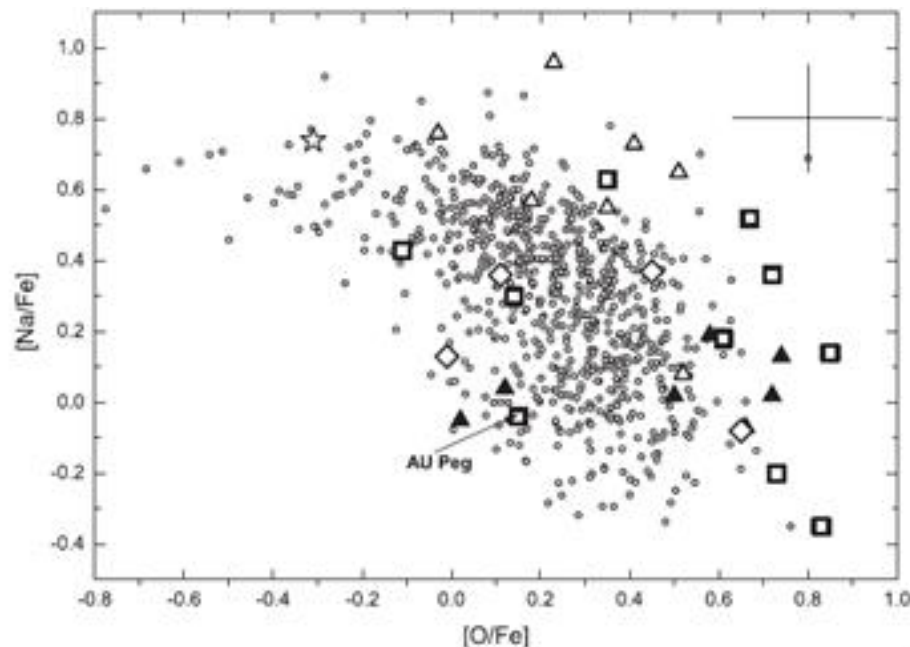


Рис. Z. Возможная антикорреляция $[Na/Fe]$ от $[O/Fe]$ для звезд типа BL Her. Большие квадраты – звезды типа BL Her, большие треугольники – звезды типа W Vir, маленькие круги – гиганты шаровых скоплений.

Содержание магния и калия в звездах шарового скопления 47 Тис.

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

В настоящей работе определялись содержания Mg и K в атмосферах 75 звезд в шаровом скоплении 47 Тис. Для этих звезд были получены средние значения $[Mg/Fe]=0.47 \pm 0.12$ и $[K/Fe]=0.39 \pm 0.09$. Никакие статистически значимые соотношения между распространенностью калия и другими легкими элементами не были обнаружены. Нет существенных корреляций или антикорреляций между отношением $[Mg/Fe]$ и отношением $[K/Fe]$ и проекцией расстояния от центра скопления. Не были обнаружены никакие корреляции между абсолютными индивидуальными радиальными скоростями звезд и распространенностями Mg и K в их атмосферах.

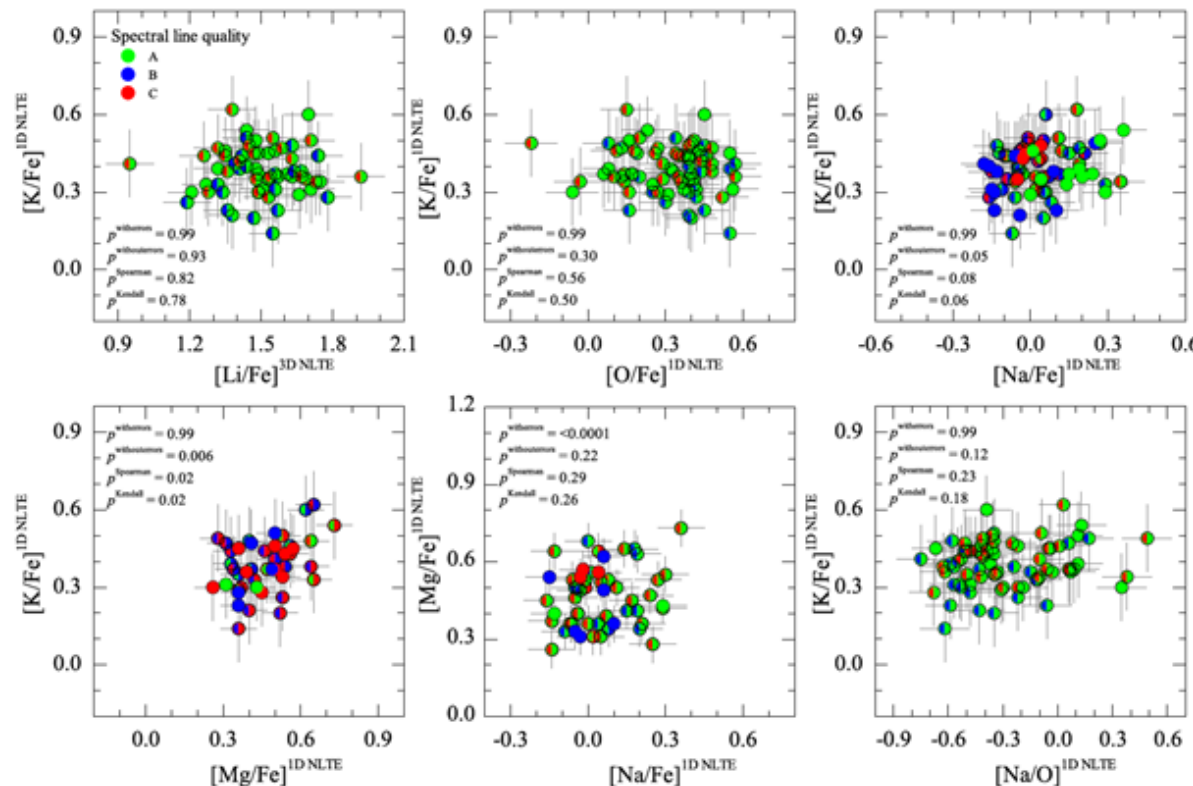


Рис. Z. Соотношения между содержаниями разных химических элементов.

Не-ЛТР содержание меди в звездах с низкой металличностью.

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

Для более точного определения содержания меди авторами создана модель атома для не-ЛТР расчетов, состоящая из 116 уровня Cu I и 14 уровней Cu II. В модели рассматривались 486 радиативных переходов между первыми 59 уровнями Cu I и основным уровнем Cu II.

Показано, что новая модель позволяет хорошо описать профили как резонансных, так и субординатных линий используя одно содержание меди, что невозможно при ЛТР подходе.

Было определено содержание меди у 11 звезд с дефицитом металлов. Показано, что использование не-ЛТР-подхода «убирает» дефицит меди относительно железа на низких металличностях, что говорит о сходных процессах нуклеосинтеза этих элементов.

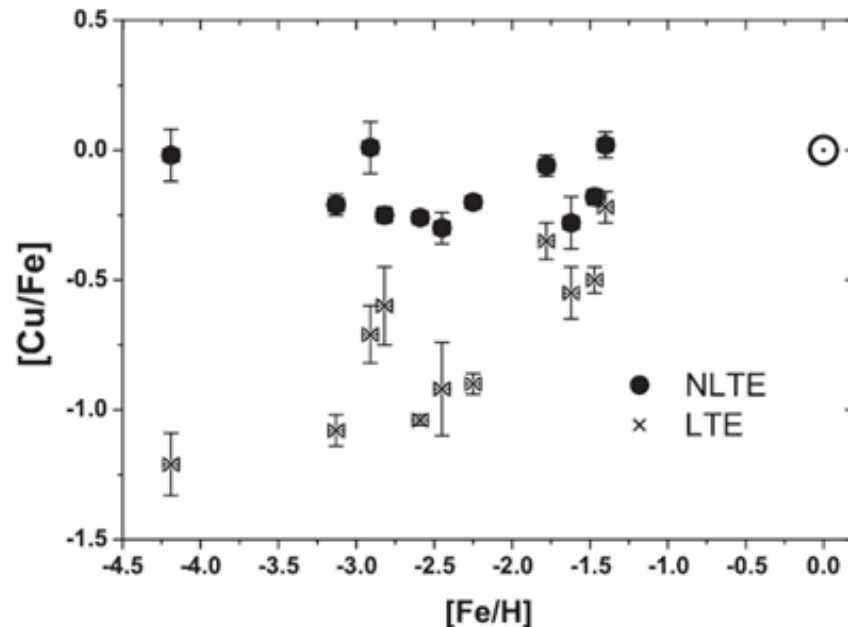


Рис. Z. Зависимость относительного содержания меди от металличности звезды. Проведенные в этой работе не-ЛТР-расчеты приведены темными кружками, соответствующие ЛТР-значения - крестиками.

Содержание меди у звезд с дефицитом металлов: не-ЛТР против ЛТР.

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

Проведена работа по сравнению между обилием меди у шести звезд бедных металлами. Программные звезды демонстрируют атмосферные параметры, которые типичны для карликов с промежуточной температурой в диапазоне от 5800 до 6100 K, $\log g$ от 3.6 до 4.5, и металличностью от -1.0 до -2.6 dex.

Авторы подтвердили, что нет особого дефицита меди при низких металличностях: среднее значение $[\text{Cu}/\text{Fe}]$ приблизительно -0.2 dex. В то время как предыдущие исследования в приближении ЛТР показывали, что медь ведет себя как вторичный элемент и отношение $[\text{Cu}/\text{Fe}]$ в диапазоне $[\text{Fe}/\text{H}]$ от -2 до -3 dex, должно быть приблизительно -1 dex. Согласно новым данным медь ведет себя как первичный элемент при низких металличностях.

Сделан вывод о том, что полученные новые данные о распространенности меди в звездах бедных металлами требует существенного пересмотра темпов обогащения этого элемента в процессе первичного нуклеосинтеза.

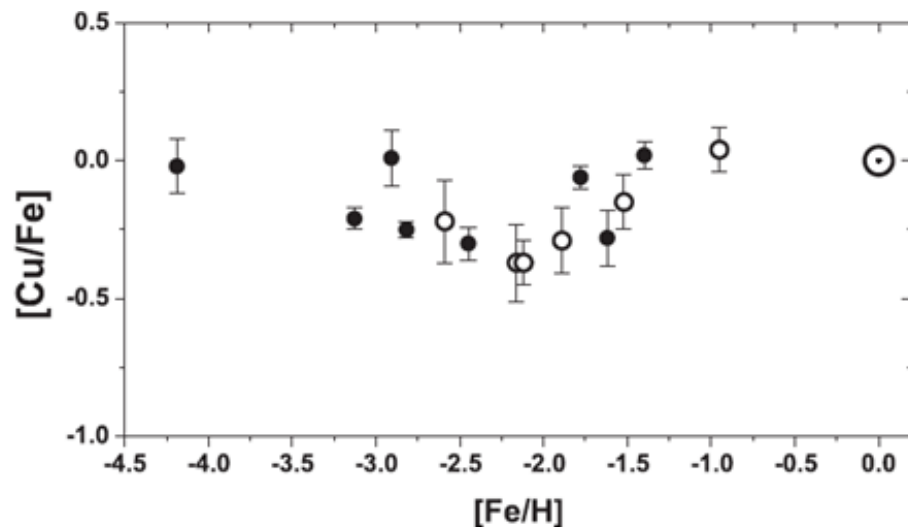


Рис. Z. Эволюция содержания меди в Галактике, согласно результатам настоящей работы.

S. Korotin, S. Andrievsky and A. Zhukova.

Mon. Not. of the Roy. Astron. Soc., 2018, Vol. 480, P. 965.

Эффекты отклонений от ЛТР для линий гелия у поздних В и А-звезд.

С.А. Коротин и Т.А. Рябчикова

Построена модель атома, состоящая из 55 уровней He I и основного уровня He II. Она пригодна для учета не-ЛТР эффектов в звездах с $T_{\text{eff}} > 9000$ К. Для восьми звезд с эффективными температурами от 9380 К до 17500 К определено содержание гелия по линиям He I. Показано, что учет отклонений от ЛТР позволяет добиться хорошего совпадения теоретических и наблюдаемых профилей для всего набора линий гелия, наблюдаемых в широком спектральном диапазоне с использованием практически одного и того же содержания элемента.

Выяснилось, что содержание гелия, определенное при ЛТР и не-ЛТР подходах, может различаться до 2–3 раз в зависимости от параметров звезды. Чем выше температура звезды, тем сильнее отклонения от ЛТР. Как правило, линии в синей области менее подвержены влиянию не-ЛТР эффектов.

В атмосферах шести звезд содержание гелия в пределах ошибок соответствует современному солнечному значению. В атмосферах Сириуса и HD 72660, классифицированных как горячие Am-звезды, наблюдается пониженное содержание гелия.

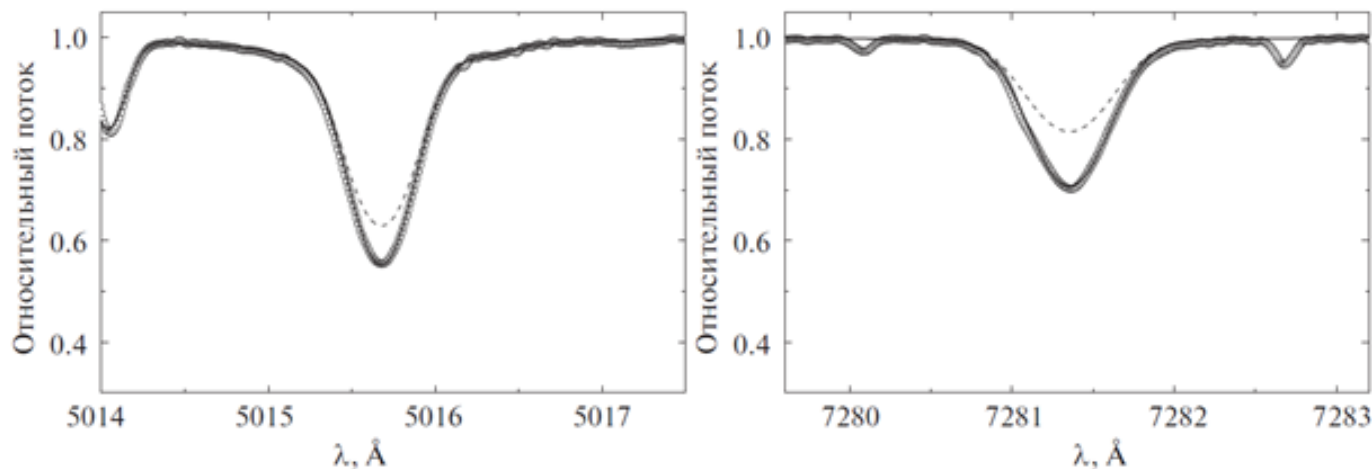


Рис. Z. Линии гелия в спектре ι Her ($T_{\text{eff}} = 17500$ К). Наблюдения показаны открытыми кружками. Не-ЛТР расчеты (сплошная линия) хорошо описывают наблюдения в широком диапазоне длин волн в отличие от ЛТР-профилей (штриховая линия).

С.А. Коротин и Т.А. Рябчикова

Письма в АЖ, 2018, т. 44, сс. 679-687.

Не-ЛТР содержание бария в звездах карликовых галактик.

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

В данной работе определено содержание бария как элемента r-процесса. Анализ выполнен с помощью спектрограмм среднего разрешения, полученных на спектрографе Keck/DEIMOS. Исследовано около 250 звезд спектральных классов G и K в пяти карликовых галактиках: Fornax, в Скульпторе, Секстанте, Драконе и Малой Медведице. Исследовались как звезды-карлики, так и гиганты. При определении содержания бария были учтено влияние не-ЛТР эффектов.

Авторы подтвердили, что нет особого дефицита меди при низких металличностях: среднее значение $[\text{Cu}/\text{Fe}]$ приблизительно -0.2 dex. В то время как предыдущие исследования в приближении ЛТР показывали, что медь ведет себя как вторичный элемент и отношение $[\text{Cu}/\text{Fe}]$ в диапазоне $[\text{Fe}/\text{H}]$ от -2 до -3 dex, должно быть приблизительно -1 dex. Согласно данным этой работы медь ведет себя как первичный элемент при низких металличностях.

Показано, что наблюдаемое обилие бария не может быть объяснено производством его только за счет взрывов сверхновых. Более вероятным источником обогащения элементами r-процесса в карликовых галактиках в ранние времена, по-видимому, является слияние нейтронных звезд.

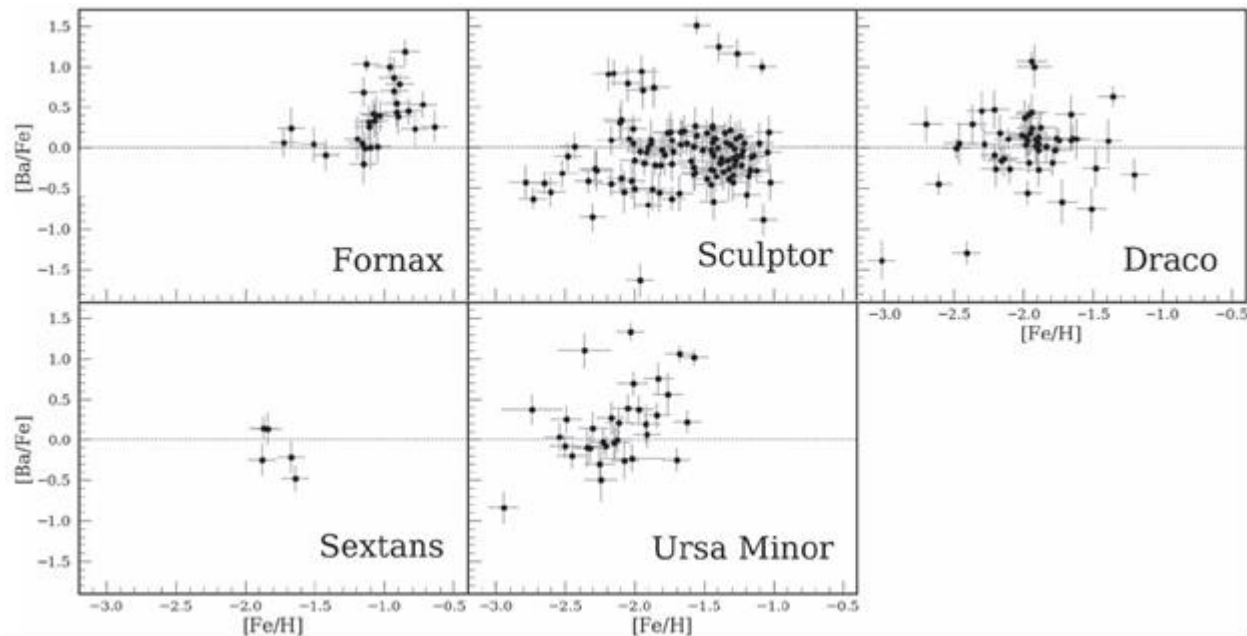


Рис. Z. Распределение содержания бария относительно металличности звезд в пяти карликовых галактиках.

G.E. Duggan, E.N. Kirby, S.M. Andrievsky, **S.A. Korotin**, et al.
Astrophys. J., 2018, Vol. 869, id. 50.

Итоги

По лаборатории звездной эволюции в 2018г опубликовано 15 работ. Журнальные статьи включают 3 публикации в **Astronomy and Astrophysics**, 3 публикации в **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, 2 публикации в **Astrophysical Journal**, 2 публикации в **PASP**, 2 публикации в **Астрофизике**, одну публикацию в **ПАЖ**, одну публикацию в **IBVS** и одну публикацию в **Астрофизическом Бюллетене**.

УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2018 году сотрудники, работающие по данной теме, представили 7 докладов на конференции «Звезды, планеты и их магнитные поля» (сентябрь 2018г., Санкт-Петербург) и один обзорный доклад на международной астрономической конференции «Магнетизм, циклы активности и вспышки на Солнце и звёздах» (3-7 июня 2018 г., Крым, Научный, КрАО,).

ОТЗЫВЫ

С.А. Коротин написал рецензию на статью для журнала “Astrophysical Journal”. **К.Н. Гранкин** - для журнала “Monthly Notices of the Royal Astronomical Society” и для журнала “Research in Astronomy and Astrophysics”. **П.П. Петров** написал одну рецензию на статью для “Астрономического Журнала” Азербайджана и одну рецензию для журнала “Астрофизика”. **Д.В. Петров** написал рецензию на статью для журнала “Icarus”.

ЛАБОРАТОРИЯ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД

Двойные звёзды на главной
последовательности и после нее

Ве звезды в рассеянных звездных скоплениях.

(А.Е. Тарасов).

В работе исследуется зависимость относительного содержания Ве звезд в скоплениях в зависимости от их возраста. Показано, что число Ве звезд в скоплениях растет с увеличением их возраста (рис. 9) и достигает 44% только в скоплениях, чей возраст превышает 12 млн лет. Проанализированы три возможных сценария развития Ве феномена. Показано, что в Галактике содержание массивных двойных систем, которые могут перейти в фазу обмена массой, среди В0-В3 звезд достигает 80% и наблюдаемое относительное содержание Ве звезд (35-44%) в скоплениях с возрастом 15-20 млн лет может быть объяснено эволюцией двойных систем.

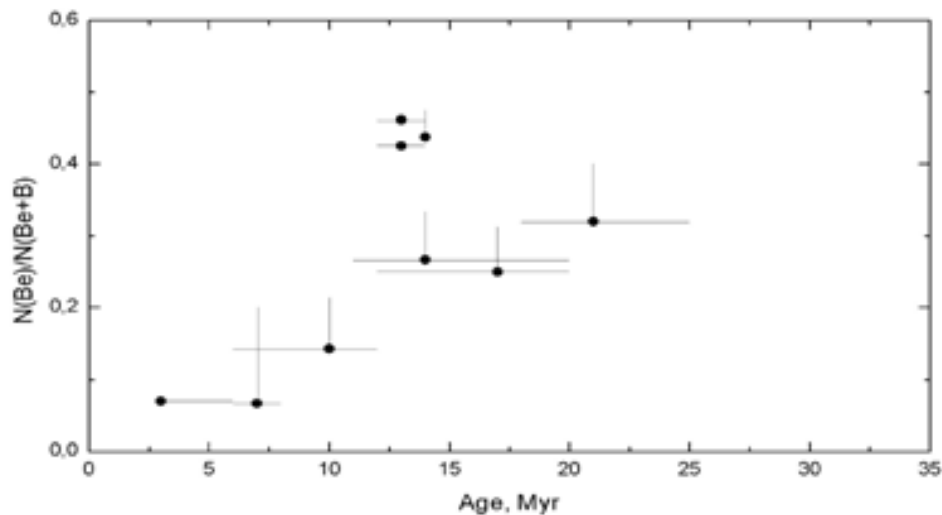


Рис. 9. Зависимость относительного числа Ве звезд от возраста скопления

А. Е. Тарасов

Астрофизика, 2017. Т. 60, ст. 291-316.

ASPC, 2017, Vol. 510, P. 132.

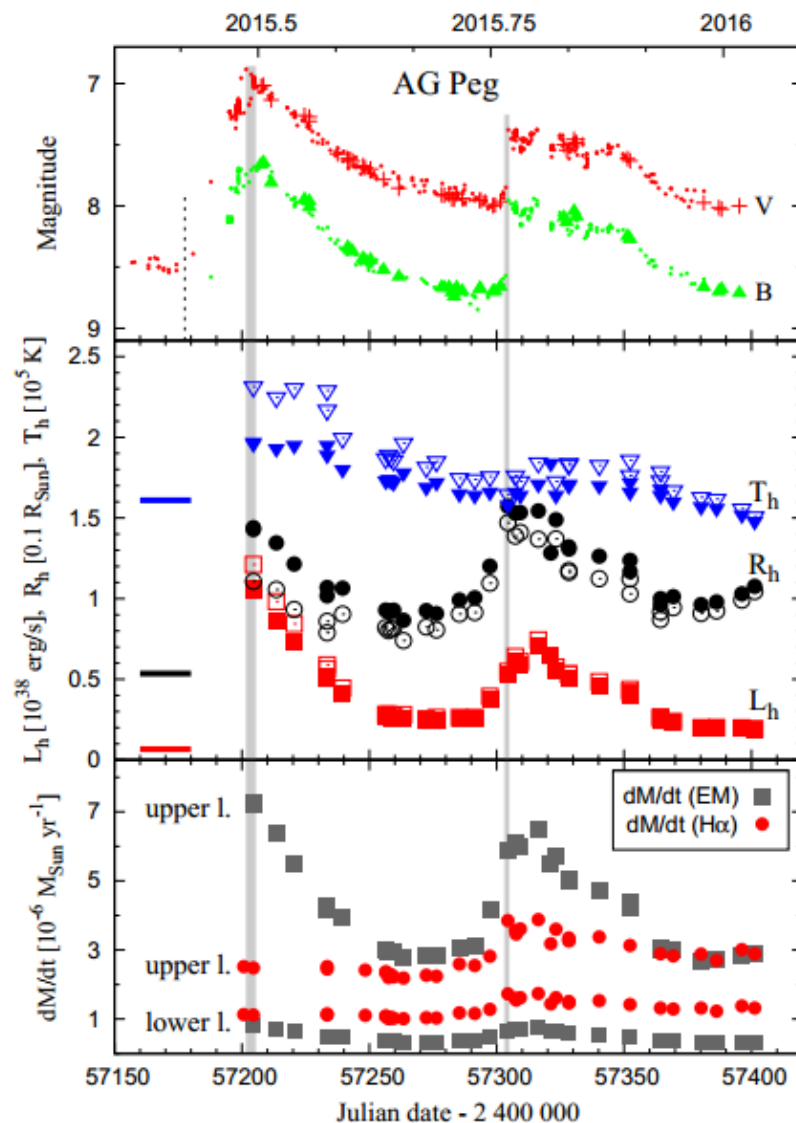
В наиболее молодых системах обнаружено значительное содержание двойных массивных систем, обмен массой в которых еще не наступил. Показано, что в силу эволюции двойной системы, после стадии первичного обмена массой, такая система выглядит как одиночная. Автором найдены подобные системы в скоплениях и рассмотрены все возможные сценарии эволюции таких систем.

Новая вспышка симбиотической новой AG Пегаса спустя 165 лет

(Т.Н. Тарасова с зарубежными коллегами)

Исследована новая за последние 165 лет вспышка самой медленной симбиотической новой AG Peg. Основные параметры и тип вспышки были определены благодаря моделированию распределения энергии в спектре звезды и анализу многополосной $UBVR_cI_c$ фотометрии. Анализ подробных спектрофотометрических данных, полученных в спокойной и активной фазе, позволил определить основные параметры горячего компонента: светимость (L_h), температуру (T_h), радиус (R_h) и темп потери массы (dM/dt), а также проследить эволюцию этих параметров в спокойном состоянии и в течение активной фазы звезды (рис. 10).

Высокая светимость и темп аккреции в максимуме блеска не способствуют стабильному термоядерному горению водорода. В результате, с поверхности белого карлика происходит истечение вещества в виде оптически толстого ветра. Высокая температура горячего источника ионизирует его, приводя к значительному увеличению небулярной эмиссии.



A. Skopall; S.Y. Shugarov; M. Sekeráš; M. Wolf; **T.N. Tarasova**; et al.
Astronomy & Astrophysics, 2017, Vol. 604, P. 48,

Рис. 10. На верхней панели представлены кривые блеска AG Peg в полосах В и V, на средней – эволюция параметров L_h , R_h , T_h , и на нижней – dM/dt .

NY Her: возможное открытие отрицательных супергорбов

(А.А. Сосновский, Е.П. Павленко, Н.В. Пить с коллегами)

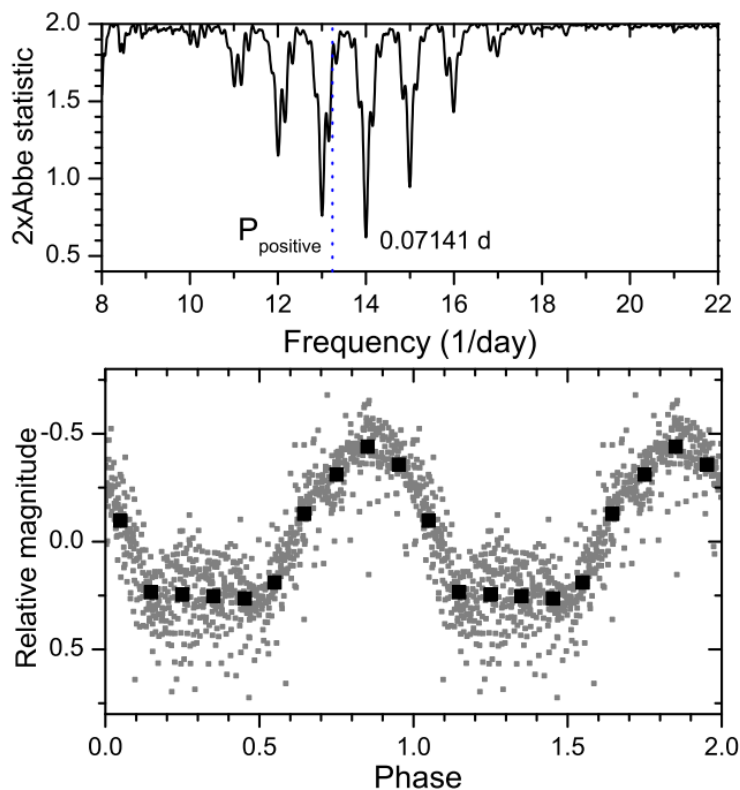


Рис. 11. Периодограмма (верхняя панель) и средняя фазовая кривая (нижняя панель) для периода $P=0.07141$ сут.

Анализ архивных данных VSNET выявил, что карликовая новая NY Her демонстрирует относительно короткий интервал между вспышками (63.5 сут.) и их низкую частоту, что противоречит статистическим данным по вспышечной активности карликовых новых. Сделанное авторами предположение, что небольшой наклон аккреционного диска к плоскости орбиты может снизить пополнение аккреционного диска веществом соседнего компонента и, тем самым, удлинить интервал между вспышками, дало основание отнести NY Her к кандидатам в карликовые новые с «отрицательными сверхгорбами» - колебаниями, период которых на несколько процентов меньше орбитального.

Это предположение было подтверждено в результате фотометрических исследований переменности блеска системы в неактивном состоянии ($18^m.5 - 20^m.5$) в течение 6-и ночей в 2017 г. Впервые для этого объекта были обнаружены колебания блеска с периодом 0.07141 сут., величина которого находится в согласии с ожидаемой величиной «отрицательных сверхгорбов» для данного орбитального периода (рис. 11).

Обзор вариаций периодов супергорбов в карликовых Новых типах UM UMa. IX. Девятый год (2016-2017)

(Е. Павленко, Н. Пить, А. Сосновский, О. Антонюк с зарубежными коллегами)

Продолжая проект, описанный Kato et al. (2009, PASJ, 61, S395), авторы собрали времена максимумов супергорбов для 127 карликовых новых звезд типа SU UMa, которые наблюдались в 2016-2017гг., и дали характеристику этим объектам. В работе предоставлена обновленная статистика взаимосвязи между орбитальным периодом и изменением сверхгорбов, зависимость между изменениями периода и типами *перерисовки* у объектов типа WZ Sge. Авторы получили минимальный период 0.05290 сут. и подтвердили наличие промежутка в значениях периодов выше орбитального периода ~ 0.09 сут. Четыре объекта (NY Her, 1RXS J161659.5 + 620014, CRTS J033349.8-282244 и SDSS J153015.04 + 094946.3) имеют *суперциклы* короче 100 сут., но показывают редкие нормальные вспышки. Авторы полагают, что эти объекты похожи на V503 Cyg, чьи нормальные вспышки, вероятно, подавляются наклоном диска. Эти четыре объекта являются отличными кандидатами для поиска отрицательных сверхгорбов. Объект DDE 48, судя по всему, принадлежит к группе карликовых новых звезд типа ER UMa. Авторы идентифицировали новый объект с затмениями типа SU UMa, MASTER OT J220559.40-341434.9. В течение этого интервала времени авторы получили наблюдения для 21 карликовой новой звезды типа WZ Sge и приводят информацию о 18 объектах из этой группы. Отмечено, что ASASSN-16kg, CRTS J000130.5 + 050624 и SDSS J113551.09 + 532246.2 имеют периоды, значения которых являются очень редкими для этого типа объектов. В результате этой работы было получено 15 новых орбитальных периодов.

T. Kato; K. Isogai; F.-J. Hambsch; et al.

Pub. of the Astron. Soc. of Japan, 2017, Vol. 69, Iss. 5, id.75

Фотометрические исследования двух магнитных катаклизмических переменных SDSS J215427 + 155713 и SDSS J032855 + 052254

(Ю.В. Бабина; Е.П. Павленко; О.И. Антонюк)

Проанализированы данные из первых продолжительных серий фотометрических наблюдений двух малоизученных полей SDSS J032855 + 052254 и SDSS J215427 + 155713 (SDSS J0328 и SDSS J2154 в дальнейшем), полученных в Крымской астрофизической обсерватории и в Терскольской обсерватории в интегральном свете и в полосах BVRc. Эти данные позволили уточнить орбитальные периоды и впервые определить орбитальные эфемериды для этих объектов. В случае SDSS J0328 зарегистрирована аккреция на два полюса (рис. 12). Высокоточные наблюдения с разрешением в 15 с позволили обнаружить осцилляции яркости с характерным временем около 4 мин и с амплитудой до 0.5 зв. в. На основе анализа показателей цвета SDSS J2154 установлено, что изменения яркости, происходящие в течение орбитального цикла, и имеющие максимумы излучения в разных спектральных диапазонах, обусловлены одновременным действием нескольких механизмов.

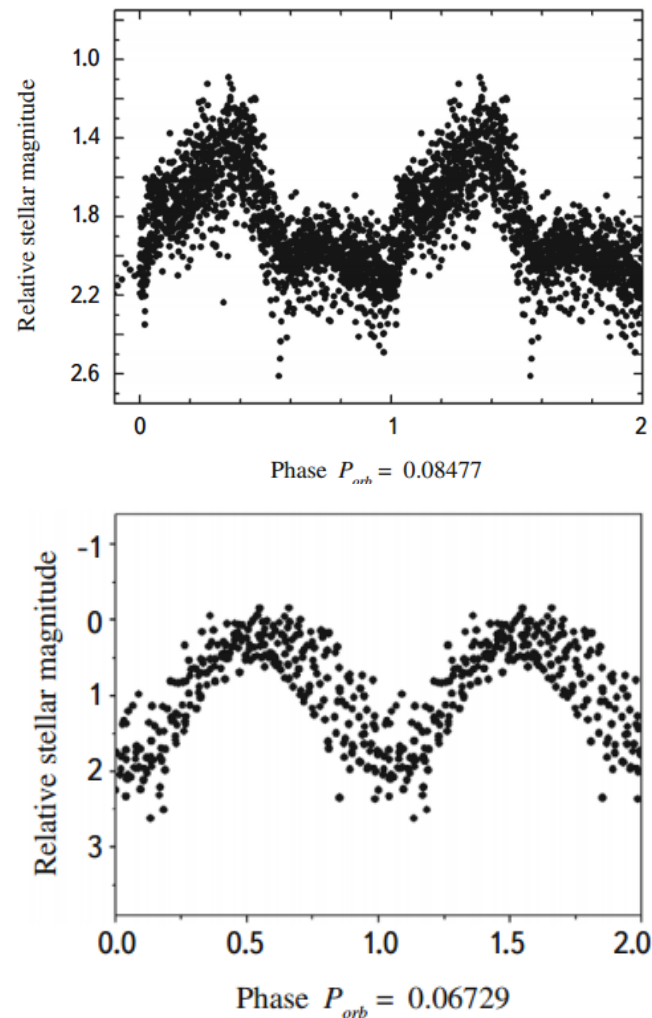


Рис. 12. Фазовые кривые блеска для SDSS J0328 и SDSS J2154 .

Быстрые оптические изменения блеска коррелированные с рентгеном во второй вспышке V404 Cyg

(Е.П. Павленко; А.А. Сосновский; Ю.В. Бабина с зарубежными коллегами)

В работе анализируются одновременные рентгеновские и оптические наблюдения V404 Cyg во время вспышки с декабря 2015 по январь 2016г. Эта вспышка (вторая) произошла менее чем через 6 месяцев после предыдущей (первой) вспышки, имевшей место в июне-июле 2015г. Обе вспышки продемонстрировали медленный рост и быстрый спад и показали большую амплитуду (~ 2 зв.в.) и кратковременные оптические колебания (от 10 мин до 3ч) в состоянии низкой светимости (рис. 13). Обнаружена корреляция между оптической и рентгеновской переменностью в двух временных интервалах продолжительностью ~ 1 часа каждый. Измерена задержка вариаций рентгеновского излучения относительно оптики на ~ 30 -50с. Вычислена зависимость между рентгеновской и оптической светимостью: $L_{\text{opt}} \sim L_{\text{X}}^{0.25-0.29}$. Сделано предположение о том, что в течение этих двух интервалов времени диск был усечен, и что обнаруженная задержка представляет собой то время, которое необходимо для того, чтобы аккреционный поток достиг внутренней оптически тонкой области на скорости свободного падения.

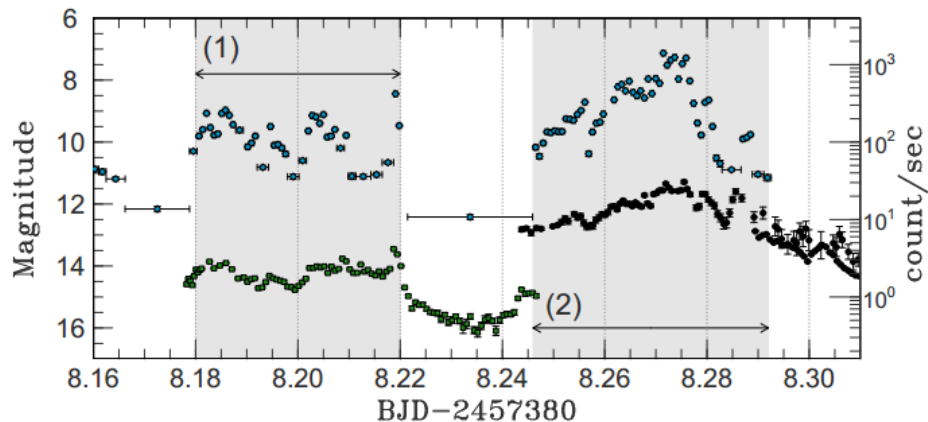


Рис. 13. Одновременные оптические и рентгеновские кривые блеска во время первого (1) и второго (2) временного интервала. Каждый интервал имеет продолжительность ~ 1 часа. Синие ромбы, зеленые квадраты и черные кружки представляют рентгеновское излучение (25-60 кэВ) и две кривые блеска в полосах V и I_C соответственно. Оптические вспышки шире рентгеновских.

Супервспышка карликовой новой типа WZ Sge ниже минимального периода: ASASSN-15ro

Е.П. Павленко, Ю.В. Бабина, О.И. Антонюк, А.А. Сосновский с зарубежными коллегами

Анализируется супер-вспышка карликовой новой ASASSN-15ro типа WZ Sge. Кривая блеска демонстрирует основную супер-вспышку и множественные перетяжки (рис. 14). В этой вспышке были зарегистрированы ранние супер-горбы и растущие (стадия А) супер-горбы с периодами 0.050454 и 0.051809 суток соответственно. Отношение массы вторичного компонента к массе первичного составляет 0.0699. Этот объект является первой карликовой новой с таким коротким орбитальным периодом между 67- 76 мин. Предложены четыре возможных варианта для этой системы: (1) система с минимальным теоретическим периодом; (2) двойная система с проэволюционировавшим вторичным компонентом; (3) двойная система с бедным металлами вторичным компонентом; (4) двойная, которая образовалась с донором коричневым карликом ниже минимального периода.

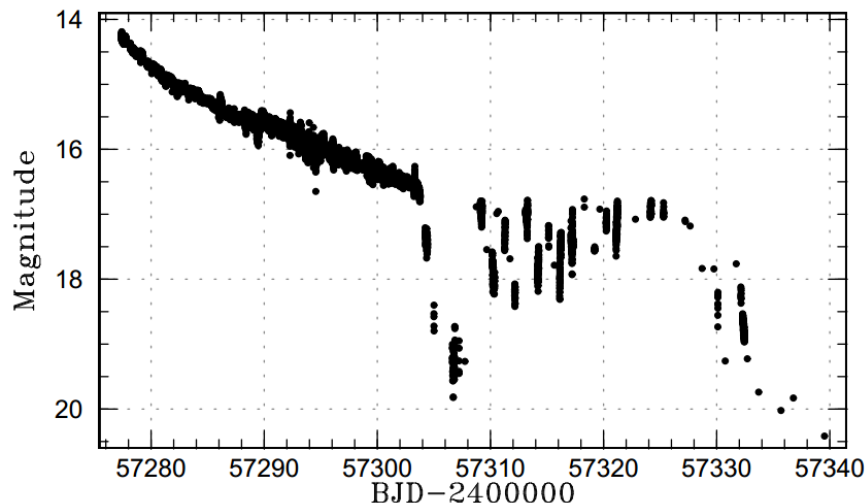


Рис. 14. Общая кривая блеска ASASSN-15ro демонстрирующая супер-вспышку множественные перетяжки. Все данные приведены с шагом в 0.01 суток.

Итоги

По лаборатории двойных звезд в 2017г опубликовано и сдано в печать 11 работ в таких журналах как **PASJ (1), IBVS (1), ASPS (3), Astrofizika (3), Astronomy and Astrophysics (2)**.

Сделано 7 докладов на следующих конференциях:

Всероссийская астрономическая конференция -2017 (ВАК-2017) «Астрономия: познание без границ». 17-22 сентября, Ялта (4 доклада);

Всероссийская астрономическая конференция "Современная звездная астрономия - 2017", 14-16 июня 2017, УрФУ, Екатеринбург (1 доклад);

Международная конференция «Golden age of cataclysmic variables and related objects - IV», Palermo, Italy, Sept. 11 – 16 (2 доклада).

Доклады на семинарах КрАО:

- Павленко Е.П.. Конференция «Золотой век катаклизмических переменных и родственных объектов». Палермо, Италия, 11-16 сент. 2017 г.

Защищены дипломные проекты на соискание образовательно-квалификационного уровня бакалавр студентов 5 курса Физико-технического института КФУ им. В.И. Вернадского:

– Асанов Р.И. Фотометрия карликовой новой ASASSN-16jk во время вспышки 2016г.

– Рубцов А.А. Фотометрические исследования карликовой новой OT J061335+395714

ЛАБОРАТОРИЯ ЗВЕЗДНОГО МАГНЕТИЗМА

Звёздный магнетизм

Цикл магнитной активности и вращение желтого субгиганта β Aql

В.В. Бутковская, С.И. Плачинда, Н.И. Бондарь, Д.Н. Бакланова

По спектрополяриметрическим наблюдениям, полученным в течение 51 ночи с 1997 по 2015 год на 2.6 м рефлекторе ЗТШ, измерена продольная составляющая магнитного поля желтого субгиганта бета Орла (G8 IV–V). Впервые для конвективного субгиганта установлена физическая, не связанная с вращением стационарной конфигурации магнитного поля относительно луча зрения, переменность магнитного поля. Диапазон переменности продольной составляющей магнитного поля за 18 лет наблюдений составляет от -19.1 ± 1.1 Гс до 23.6 ± 1.0 Гс.

По спектрополяриметрическим наблюдениям бета Орла, полученным 06.10.2014, обнаружено два массива спектральных линий, измерения магнитного поля по которым значительно отличаются друг от друга (см. Рис. 15). Сделан вывод, что для конвективных звезд некорректно измерять магнитное поле по всем доступным спектральным линиям одновременно, без предварительного анализа распределения физических условий по поверхности звезды.

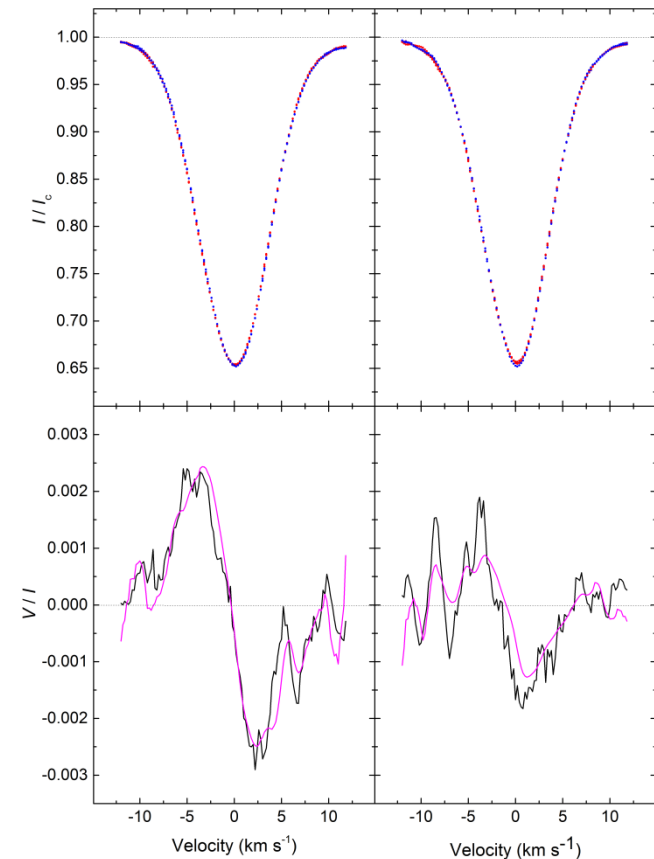


Рис. 15. σ -компоненты (верхние панели) и V-параметры (нижние панели) спектра β Aql. Нижние панели: V-параметры, вычисленные с использованием двух массивов спектральных линий: дающим сильное поле (левая нижняя панель) и слабое поле (правая нижняя панель). Продольное магнитное поле, вычисленное по первому массиву спектральных линий, составляет 40.8 ± 1.9 Гс, по второму массиву спектральных линий 8.7 ± 2.0 Гс.

BW Vul: первые результаты измерений магнитного поля в линиях гелия и водорода

В.В. Бутковская, С.И. Плачинда, Н.Ф. Панков

Впервые выполнено измерение по избранным спектральным линиям магнитного поля BW Лисички (B2 III) – горячей пульсирующей переменной типа бета Цефея. Обнаружена физическая переменность магнитного поля BW Лисички в течение известного 0.2-дневного периода радиальных пульсаций. При этом максимальные пертурбации магнитного поля наблюдаются на фазах ~ 0.25 – 0.7 вблизи максимального расширения звезды. Тогда как на фазах ~ 0.7 – 1.25 магнитное поле звезды отличается спокойным поведением (см. Рис. 16).

Сделан вывод, что переменность магнитного поля пульсирующих звезд в течение периода пульсаций является физической и может быть обусловлена прохождением ударных волн, искажающих форму силовых линий магнитного поля из-за вмороженности в плазму либо неоднородными крупномасштабными движениями верхних слоев звезды вблизи фаз максимального радиуса.

V.V. Butkovskaya; S.I. Plachinda; N.F. Pankov

Astronomische Nachrichten, 2017, Vol. 338, Iss. 8, P. 938

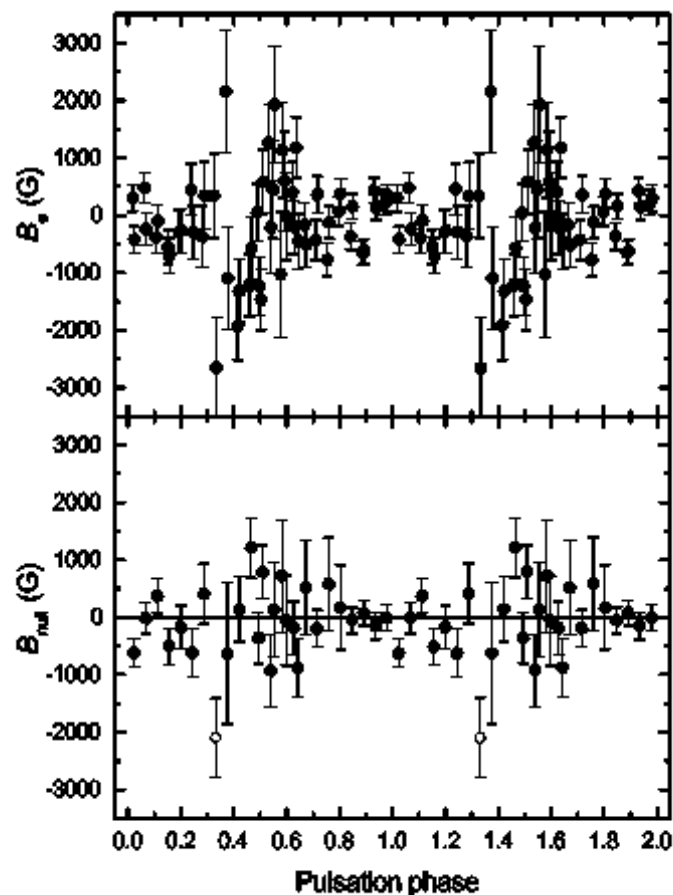


Рис. 16. Магнитное поле BW Vul, измеренное по линии He I 5047.738 (верхняя панель) и тестовое «нулевое» поле, рассчитанное по той же спектральной линии (нижняя панель). Тестовое поле рассчитывается по спектрам с одинаковой поляризацией, и при отсутствии ложной поляризации должно равняться нулю в пределах ошибок, что и выполняется для данных на нижней панели: точка, обозначенная открытым кружком, отстоит от нуля на 3σ .

Многолетняя фотометрия звезды типа RS CVn PZ Mon

К.А. Антонюк, Н.И. Бондарь, Н.В. Пить

По данным многолетней фотометрии, полученной в период времени с 1992 г. по 2015 г., обнаружены периодические изменения блеска и показателей цвета у активной звезды PZ Mon, гиганта типа RS CVn (рис. 17). Вращательная модуляция блеска происходит с фотометрическим периодом, равным 34.16 дня (рис. 18). Это значение сохраняется на всем интервале наблюдений и совпадает с периодом вращения звезды, найденным в 2015 г. по изменениям ее лучевой скорости. Изменения показателя цвета $V-R$ происходят с таким же периодом, а изменения $B-V$ с характерным временем 26-28 дней.

Из анализа показателей цвета на соответствующих диаграммах блеск-цвет впервые получен качественный вывод о том, что на поверхности звезды образуются как холодные, так и горячие пятна. Вклад горячих пятен становится заметным в некоторые эпохи возрастания активности звезды.

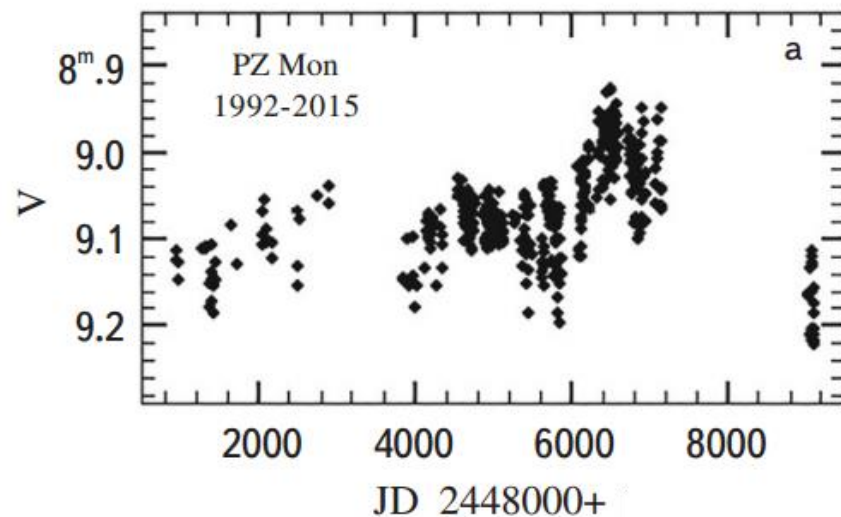


Рис. 17. Сводная кривая блеска PZ Mon по наблюдениям 1992-2015гг.

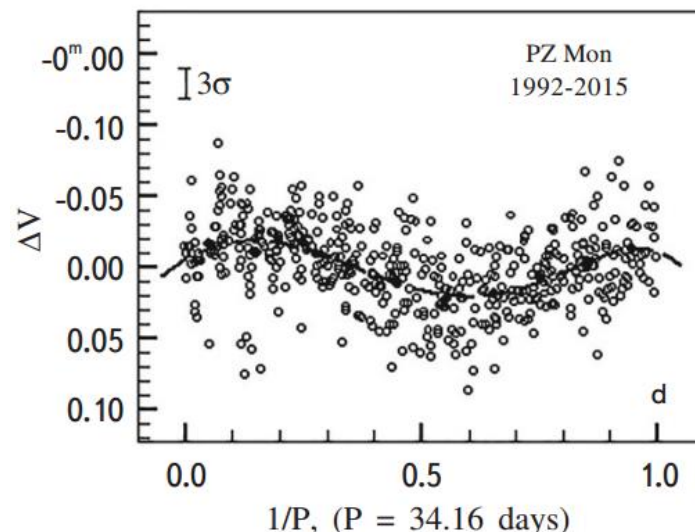


Рис. 18. Фазовая кривая блеска PZ Mon для периода $P=34.16$ суток.

Фотометрический период и вращательная модуляция блеска V833 Tau

Н.И. Бондарь

Фотометрические данные за 1994-2009 гг., полученные в КрАО и из каталогов ASAS и SuperWASP, использовались для анализа изменений яркости быстро вращающейся звезды V833 Tau, уровень активности которой близок к насыщению. В сочетании с ранее опубликованными результатами эти данные впервые представляют все этапы развития 19-летнего цикла активности звезды.

Определены фотометрический период и амплитуда вращательной модуляции для разных эпох и рассмотрена качественная картина распределения пятен. Фотометрический период близок к орбитальному периоду, но всегда превышает его, что указывает на то, что поверхностные неоднородности расположены далеко от экваториальной плоскости. При высокой степени запятненности звезды, достигающей иногда 28%, амплитуда вращательной модуляции составляет 0.05-0.1 з.в. и увеличивается во время фаз роста и спада 19-летнего цикла (рис 19). Вращательная модуляция обусловлена пятнами, расположенными на более высоких широтах, чем в случае Солнца, и сосредоточена на активных долготах.

N.I. Bondar'

Astronomy Reports, 2017, Vol. 61, Iss. 2, P.130

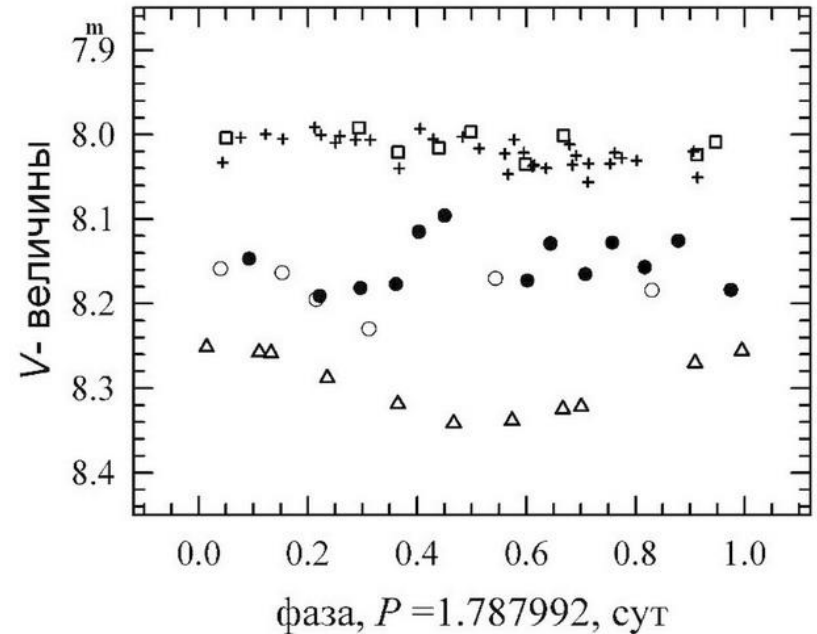


Рис. 19. Проявления вращательной модуляции у V833 Tau в разных состояниях блеска. Представлены эпохи подъема блеска в 1994 г. (темные кружки), снижения в 2004 г. (светлые кружки), вход в минимум в 2006 г. (светлые треугольники), устойчивые состояния повышенного в 1999-2003 гг. (светлые квадраты) и пониженного блеска в 2007 г. (крестики). Величины V в 2007 г. представлены со сдвигом $\Delta V = -0.28^m$.

Итоги

По лаборатории звездного магнетизма в 2017г опубликовано 30 работ: из них 18 статей в журналах и 12 публикаций в трудах конференций. Журнальные статьи включают 1 публикацию в **Astronomy and Astrophysics**, 2 публикации в **Astronomische Nachrichten**, 2 публикации в **Астрофизике**, 2 публикации в **Письмах в АЖ**, 1 публикацию в **IBVS**, и 9 публикаций в **Известиях КрАО**.

УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2017 году сотрудники, работающие по данной теме, представили:

- 12 докладов на конференции **BAK-2017** (сентябрь 2017г., Ялта);
- 2 доклада на **13th Asian-Pacific Regional IAU Meeting (APRIM 2017)**, 3-7 July 2017, Taipei, Taiwan;
- 2 доклада на **14th Thinkshop "Stellar magnetism: Challenges, Connections, and Prospects"**, June 12 – 16, 2017, Potsdam, Germany;
- 2 доклада на «**Stars with a stable magnetic field: from pre-main sequence to compact remnants**», August 28 - September 01, 2017, Brno, Czech Republic.
- 4 доклада на **XVII Одесской гамовской астрономической конференции**, 13 - 20 августа 2017 года, Одесса, Украина;
- 2 доклада на **46-ой Международной конференции "Физика Космоса"**. Февраль 2017, АО УрФУ, Екатеринбург;
- 1 доклад на **8-ой конференции "Современная звездная астрономия – 2017"** (к 100-летию со дня рождения К.А. Бархатовой). 14 – 16 июня 2017, УрФУ, Екатеринбург;
- 2 доклада на **XXI всероссийской конференции "Солнечная и солнечно-земная физика – 2017"**. С.Петербург, ГАО РАН, 9 – 13 октября 2017;
- 2 доклада на **EWASS 2017: European Week of Astronomy and Space Science** (Prague, Czech Republic, 26–30 June, 2017).