



**ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ  
РЕЗУЛЬТАТЫ  
ОТДЕЛА ФИЗИКИ ЗВЕЗД  
В 2017 ГОДУ**



ЛАБОРАТОРИЯ ЗВЕЗДНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

# **ЗВЁЗДЫ НА РАННИХ СТАДИЯХ ЭВОЛЮЦИИ:**

физические характеристики, химический состав  
и поиск экзопланет

# Анализ не-ЛТР содержания лития для большой группы F-, G- и K-гигантов и сверхгигантов.

Л.С. Любимков и Д.В. Петров

Создан метод пятимерной интерполяции и построена соответствующая компьютерная программа, которая на основе опубликованных расчетов позволяет находить не-ЛТР поправку ( $\Delta_{\text{NLTE}}$ ) в содержании лития  $\log \epsilon(\text{Li})$ . С помощью этой программы получены не-ЛТР значения содержания лития для 146 FGK-гигантов и сверхгигантов (рис.1).

Подтверждается уникальная чувствительность содержания лития к начальной скорости вращения  $V_0$ . Показано, что для части гигантов “Li-rich”, у которых  $V_0 \approx 0-50$  км/с, повышенное содержание Li находится в согласии с современными эволюционными моделями. Для остальных звезд этого типа, где стандартная теория оказывается несостоятельной, приходится прибегать к гипотезе недавнего синтеза лития в звезде или к альтернативной гипотезе захвата звездой гигантской планеты.

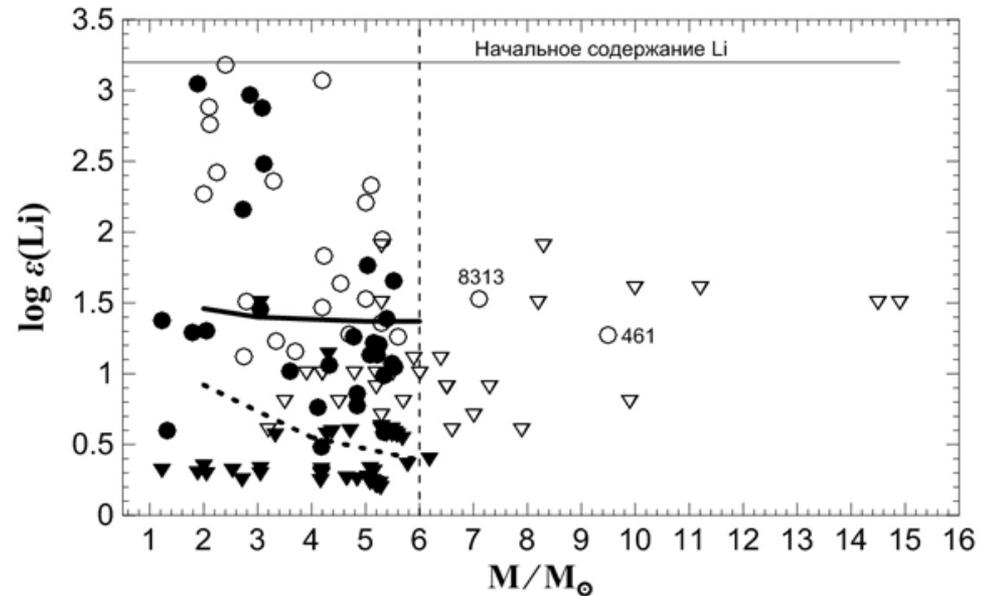


Рис. 1. Не-ЛТР содержание лития как функция массы. Заполненные значки соответствуют данным для 91 звезд, полученным в настоящей работе, открытые значки – данным для 55 звезд из работы Любимкова и др. (2012). Кружки – точные значения  $\log \epsilon(\text{Li})$ , треугольники – верхние пределы  $\log \epsilon(\text{Li})$ . Сплошная линия – предсказание теории для холодных гигантов с  $V_0 = 0$  км/с после глубокого конвективного перемешивания, штриховая линия – то же для гигантов с  $V_0 = 50$  км/с.

Л.С. Любимков и Д.В. Петров

Астрофизика, 2017, том 60, с. 359-376.

# Обзор Gaia-ESO: галактическая эволюция серы и цинка

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

Для звезд с низким содержанием металлов наблюдается большой разброс в содержании серы между определениями разных авторов. В работе рассчитана сетка теоретических эквивалентных ширин и не-ЛТР-поправок для линий этого элемента. Использовалась модель атома серы, предложенная нами в (Коротин С.А. Астрон. журнал, 2009, т.86, 702). Показано, что большие избытки серы, обнаруженные некоторыми авторами для звезд с крайне низким содержанием металлов, могут быть обусловлены не учетом отклонений от ЛТР (рис. 2). Видимо неучетом этих эффектов и объясняется большие избытки серы, обнаруженные некоторыми исследователями у звезд с крайне низким содержанием металлов.

Результаты этих расчетов использованы для определения содержания серы в атмосферах около 1500 звезд из обзора Gaia-ESO.

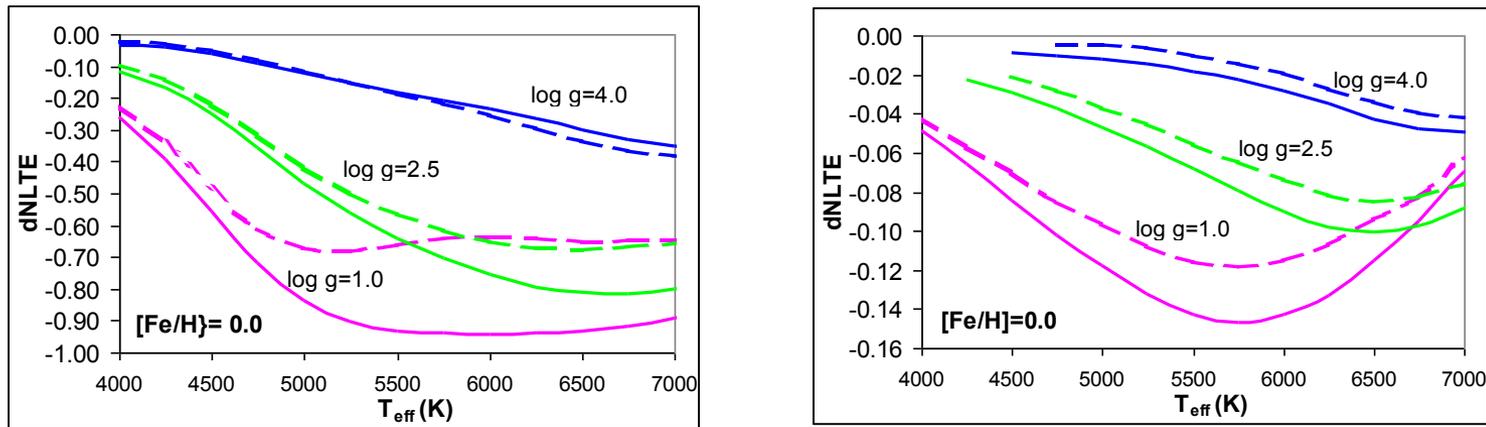


Рис.2. НеЛТР поправки для линий 1 мультиплета могут достигать 1 dex (слева). Поправки для линий 6 и 8 мультиплетов существенно меньше (справа).

# Обилие Na, Mg и K в атмосферах звезд ветви красных гигантов галактического шарового скопления 47 Тисае

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

Исследованы содержания Na, Mg и K в атмосферах 32 красных гигантов в шаровом скоплении 47 Тис с целью обнаружения возможных Na-K и Mg-K корреляций (или антикорреляций), подобных тем, которые недавно были найдены для двух других шаровых скоплений – NGC 2419 и 2808 (рис. 3). В расчетах линий этих элементов были учтены не-ЛТР эффекты с помощью моделей атомов, построенных ранее. Получены средние значения  $[Na/Fe] = 0.40 \pm 0.13$ ,  $[Mg/Fe] = 0.39 \pm 0.11$  и  $[K/Fe] = 0.03 \pm 0.14$ . Статистически значимых зависимостей между содержаниями исследованных элементов не найдено. Это свидетельствует о том, что происхождение калия в данном скоплении не связано с нуклеосинтезом Na и Mg. Также отсутствует статистически-значимые зависимости содержания исследованных элементов от расстояния звезд до центра скопления.

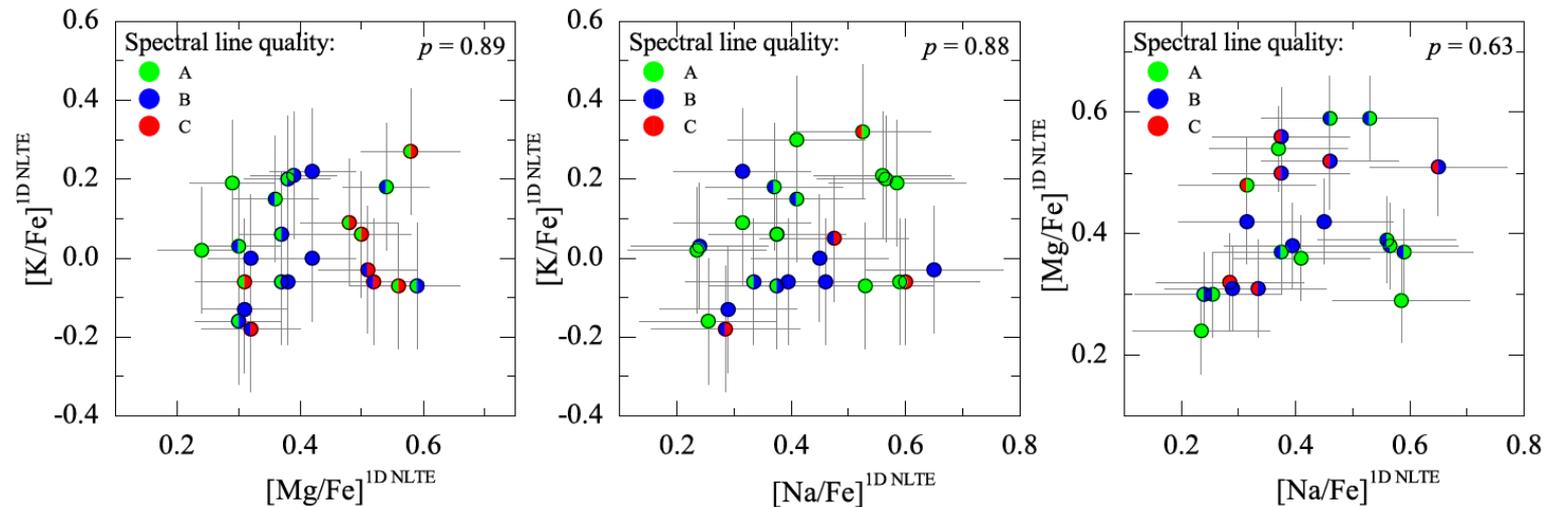


Рис.3. Обилие Na, Mg и K в образце звезд ветви красных гигантов в различных плоскостях обилия обилия. Цвета символов соответствуют качеству (классу) линий, используемых для определения обилия, нанесенного на оси y и x соответственно. Двусторонние вероятности  $p$  отмечены в соответствующих панелях.

# Наблюдение за бедными металлами солнечными окрестностями: сравнение предсказаний химической эволюции Галактики

С.А. Коротин с зарубежными коллегами

Для десяти звезд с индексом металличности в области  $-2.2 < [\text{Fe}/\text{H}] < -0.6$  определены параметры атмосфер и химический состав на основе спектров с высоким разрешением. Для каждой звезды получены содержания от 14 до 27 элементов, используя как ЛТР- так и не-ЛТР подход (рис. 4). Точность определения содержания кислорода имеет наибольшую ошибку, лежащую в пределах от 0.1 до 0.2 dex. Учет отклонений от ЛТР для Na, Mg, Al, Ca, Sr и Ba позволяет получить более надежное содержание этих элементов. Выполнено сравнение полученных результатов с данными других авторов, а также с моделями химической эволюции Галактики.

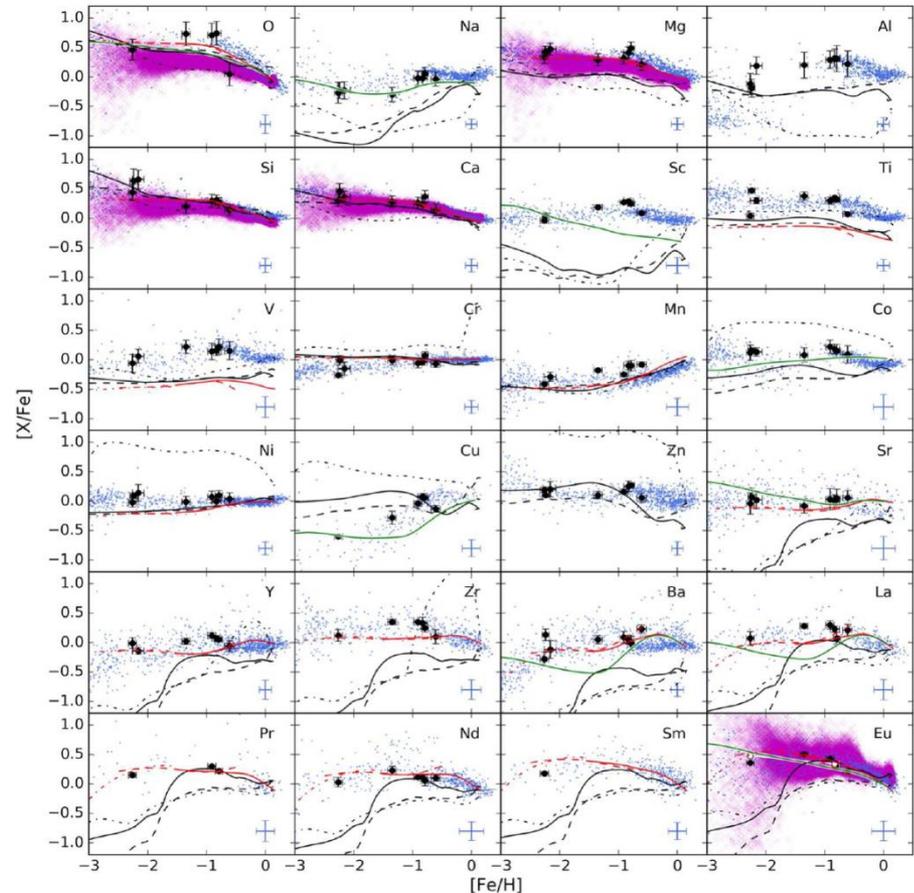


Рис. 4. Обилие различных химических элементов для выборки исследованных звезд по сравнению с большой выборкой звезд нашей Галактики.

# Положение молодой звезды LkCa 4 на диаграмме Герцшпрунга - Рассела

К.Н. Гранкин с зарубежными коллегами

Получено около 70 новых спектров высокого и среднего разрешения в видимой и ИК области, а также несколько сотен фотометрических наблюдений в полосах BVRI для молодой звезды LkCa 4 типа WTTS. Впервые доказано, что поверхность LkCa 4 покрыта большим количеством протяженных прохладных пятен, охватывающих 80% звездной поверхности (рис. 5). Показано, что оптический и ближний ИК спектры LkCa 4 невозможно воспроизвести в рамках модели с одним единственным температурным компонентом. Сделан вывод о том, что от стандартного подхода к определению масс и возрастов молодых сильно запятненных звезд следует отказаться, так как он может приводить к большим ошибкам.

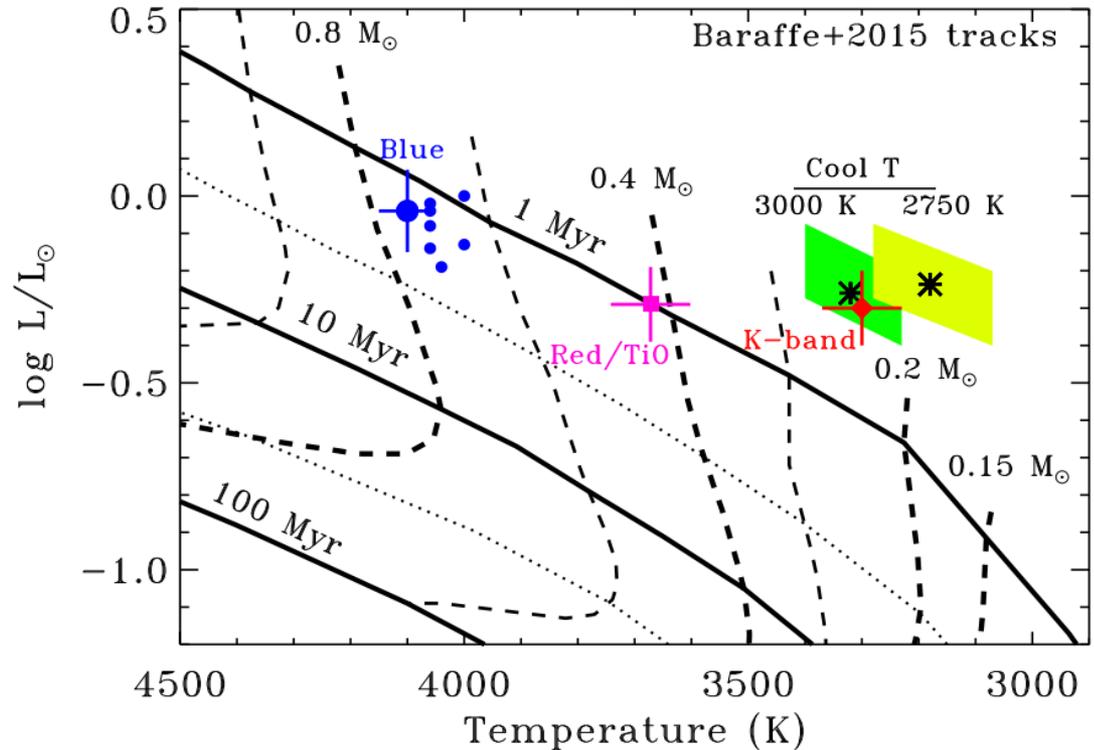


Рис. 5. Положение LkCa 4 на диаграмме Г.-Р. по сравнению с моделями звездной эволюции. Черные линии – изохроны для 1, 10 и 100 млн. лет. Пунктирные линии – эволюционные треки для звезд различных масс. Символы разного цвета и формы – оценки светимости и температуры LkCa 4 согласно разным методикам и спектральным диапазонам.

M.A. Gully-Santiago; G. J. Herczeg; I. Czekala; et al.  
The Astrophys. Journ., 2017, Vol. 836, No. 2.- P. 200.

# Горячие юпитеры около молодых звезд типа Т Тельца: V830 Tau и TAP 26

К.Н. Гранкин с зарубежными коллегами

В результате спектрополяриметрического и фотометрического мониторинга двух молодых звезд TAP 26 и V830 Tau восстановлена структура температурных неоднородностей фотосферы и магнитная топология двух молодых звезд. Показано, что крупномасштабные магнитные поля этих объектов являются полоидальными и на расстоянии в несколько звездных радиусов представляют собой диполи с напряженностью 300-400 Гс, которые наклонены к оси вращения на  $\sim 20-30^\circ$ . Впервые у этих звезд обнаружены массивные планеты с массами  $\sim 0.6$  и  $\sim 1.7 M_{\text{Jup}}$ . Параметры открытых планет и родительских звезд позволяют предположить, что образование горячих юпитеров происходит благодаря механизму дисковой миграции II типа.

J.-F. Donati; L. Yu; C. Moutou; et al., MNRAS, 2017, Vol. 465, No. 3., P. 3343.

L. Yu; J.-F. Donati; E.M. Hébrard; et al. , MNRAS, 2017, Vol. 467, No. 2., P. 1342.

# Свидетельства существования маломассивного компаньона около очень молодой звезды типа Т Тельца

П.П. Петров с зарубежными коллегами

В результате долговременных спектральных наблюдений в ближнем ик-диапазоне у молодой звезды AS 205A обнаружены свидетельства присутствия маломассивного компонента ( $m \sin i \sim 19.25 M_{\text{Jup}}$ ), на расстоянии около 0.17 а.е. от центральной звезды, который вращается с орбитальным периодом  $P \sim 24.78$  суток по орбите с умеренным эксцентриситетом  $e \sim 0.34$ . Если существование маломассивного компонента будет подтверждено будущими исследованиями, то этот объект может обеспечить важные ограничения на модели формирования планет и коричневых карликов.

P.V. Almeida; J.F. Gameiro; **P. P. Petrov**, ; et al., Astron. and Astrophys., 2017, Vol. 600., P. A84.

# Об истинной природе V501 Aur – кандидате в молодые звезды типа Т Тельца

К.Н. Гранкин с зарубежными коллегами

В результате новых спектральных и фотометрических наблюдений уточнен эволюционный статус долгопериодической переменной звезды V501 Aur, которая классифицировалась ранее как молодая звезда типа WTTS, принадлежащая ОЗ Тельца-Возничего. Анализ спектральных наблюдений высокого разрешения показал, что V501 Aur является спектроскопической двойной системой с орбитальным периодом 68.8 суток, немного вытянутой орбитой ( $e \sim 0.03$ ), и лучевой скоростью, не соответствующей лучевой скорости ОЗ Тельца-Возничего (рис. 6). Первичный компонент системы является быстровращающимся гигантом спектрального класса K ( $v \sin i \sim 25$  км/с и  $R > 26.3 R_{\text{sun}}$ ), который расположен на расстоянии  $\sim 800$  пс от Солнца. Вторичный невидимый компонент двойной системы может быть звездой главной последовательности раннего спектрального класса.

Vaňko, M.; Torres, G.; Hambálek, L.; et al.  
MNRAS, 2017, Vol. 467, Iss. 4, P.4902.

Орбитальные элементы V501 Aur

период орбитального движения, $P_{orb}$ (дни)	$68.8333 \pm 0.0012$
эксцентриситет, $e$	$0.030 \pm 0.005$
долгота периастра $\omega$ (рад)	$3.13 \pm 0.15$
лучевая скорость цента масс $V_{\gamma}$ (км/с)	$-12.71 \pm 0.08$
полуамплитуда скорости $K_1$ (км/с)	$26.78 \pm 0.13$
время первичного затмения $T_{min1}$ (JDH)	$56937.5 \pm 0.16$
время вторичного затмения $T_{min2}$ (JDH)	$56970.6 \pm 0.23$
проекция большой полуоси $a_1 \sin i$ (a.e.)	$0.1693 \pm 0.0008$
Функция масс $f(m)$ ( $M_{\text{sun}}$ )	$0.1373 \pm 0.0020$

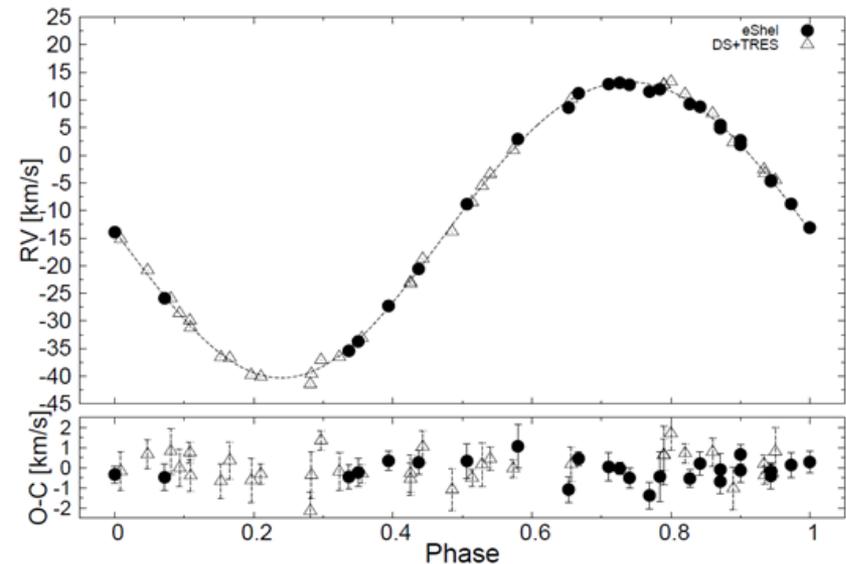


Рис. 6. Кривая лучевых скоростей первичного компонента V501 Aur, свернутая с орбитальным периодом. Нулевая фаза соответствует прохождению периастра. Различными символами обозначены лучевые скорости, измеренные на различных инструментах.

# Долговременная спектральная переменность запятанной звезды IN Com

О.В. Козлова с коллегами

Впервые получены ряды спектральных наблюдений звезды IN Com с высоким разрешением ( $R=20\,000$ ) на многолетней шкале времени (8 лет), в результате которых обнаружены проявления аккреции в профилях линий, которые формируются в разных частях околозвездной оболочки ( $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ , HeI 5876Å и D NaI). Обнаружено расширение двухкомпонентной эмиссии в линии  $H_\alpha$  на границах  $\pm 400$  км/с (рис. 7). Эти данные показывают, что наблюдаемый профиль излучения формируется в оптически тонком горячем газе, который образует околозвездный диск около звезды с размером в несколько звездных радиусов. Обнаруженная переменность параметров излучения  $H_\alpha$  тесно связана с фотополариметрической активностью звезды, поэтому многолетняя спектральная переменность IN Com может быть связана с циклами активности этой звезды.

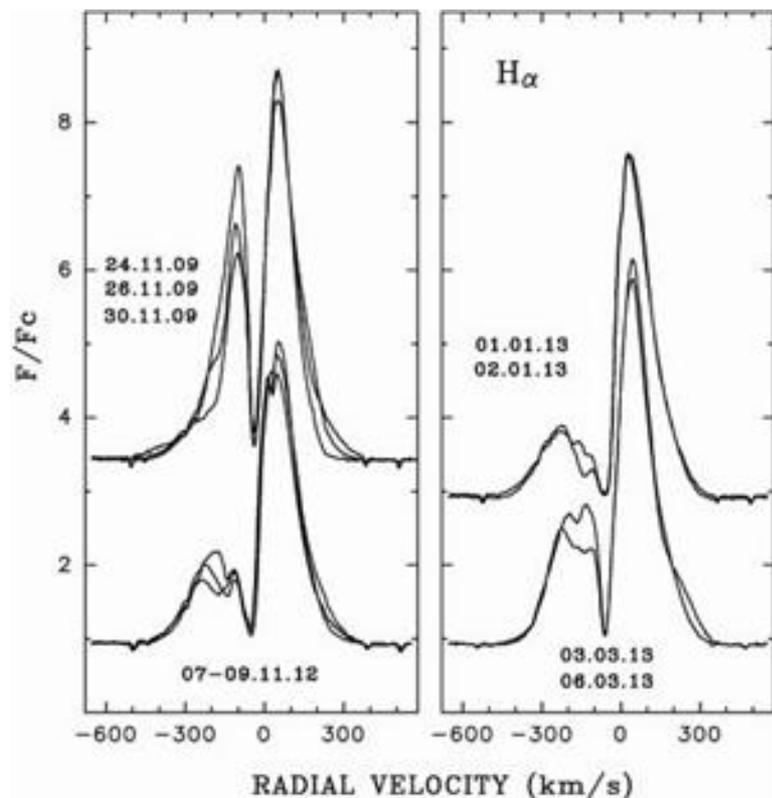


Рис. 7. Типичные нормированные профили линии  $H_\alpha$ , наблюдавшиеся в спектре IN Com в различные даты (указаны на рисунке). Шкала лучевых скоростей привязана к звезде.

# Исследование молодой ассоциации $\beta$ Живописца

С.А. Артеменко с зарубежными коллегами

Составлен наиболее полный каталог звезд ассоциации  $\beta$  Pictoris, содержащий: звездные величины в полосе V, показатели цвета B-V, V-I и V-K, расстояния до звезд, проекции скорости вращения, спектральный тип и разделение между компонентами в кратных системах, периоды вращения и амплитуды кривых блеска. Обнаружено, что для одиночных звезд ассоциации  $\beta$  Pictoris и компонентов кратных систем с широкими орбитами (>80 а.е.) распределение периодов показывает четкую последовательность, возникающую из-за распределения масс с некоторым разбросом, появляющимся, вероятно, из-за начального распределения периодов вращения. Все компоненты кратных систем с близкими орбитами (<80 а.е.) показывают периоды вращения значительно короче, чем периоды одиночных звезд таких же масс.

Сравнение звезд ассоциации  $\beta$  Pictoris с более молодым скоплением h Персея (13 млн. лет) и с более старыми скоплениями и ассоциациями NGC2547, IC2391, IC2602 (40 млн. лет) и скоплением Пляды (130 млн. лет) показало, что эволюция звезд классов F-G хорошо воспроизводится моделями эволюции углового момента (рис. 8). Амплитуды кривых блеска одиночных звезд и звезд компонентов широких систем ассоциации  $\beta$  Pictoris не отличаются друг от друга и не коррелируют ни со скоростью вращения, ни с массой.

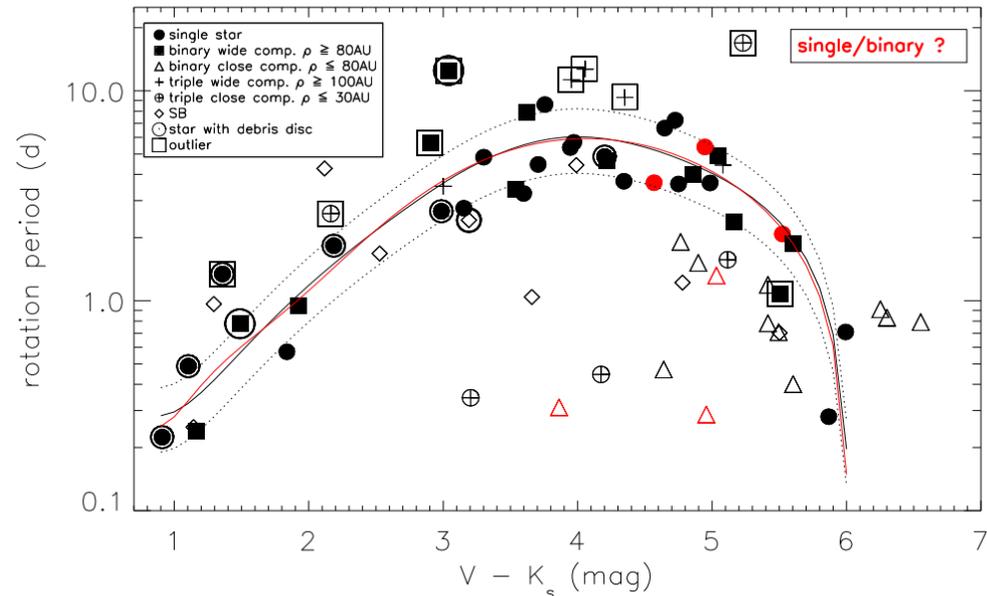


Рис. 8. Распределение периодов вращения всех членов ассоциации в зависимости от показателя цвета V-K. Белыми квадратами показаны звезды, периоды вращения которых значительно отличаются либо от основного тренда для одиночных звезд, либо от распределения визуально близких двойных.

S. Messina; M. Millward; A. Buccino; et al.,  
Astron. and Astrophys., 2017, Vol. 600, P. A83.

S. Messina; A.C. Lanzafame; L. Malo; et al.,  
Astron. and Astrophys., 2017, Vol. 607, P. A3.

## Итоги

По лаборатории звездной эволюции в 2017г опубликовано и сдано в печать 23 работы: из них 14 статей в журналах и 9 публикаций в трудах конференций. Журнальные статьи включают 6 публикаций в **Astronomy and Astrophysics**, 4 публикации в **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, 1 публикацию в **Astrophysical Journal** и три публикации в **Астрофизике**.

### УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2016 году сотрудники, работающие по данной теме, представили 6 докладов на конференции ВАК-2017 (сентябрь 2017г., Ялта).

### ОТЗЫВЫ

Л.С. Любимков и К.Н. Гранкин написали отзывы на статьи, присланные из журнала "Astronomy and Astrophysics".

С.А. Коротин выступил в качестве официального оппонента на защите кандидатской диссертации С.А. Алексеевой в Москве.

### ДИССЕРТАЦИИ

Е.В. Бабина защитила кандидатскую диссертацию «Динамика ветра избранных классических звезд типа Т Тельца» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук (руководитель П.П. Петров).

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.

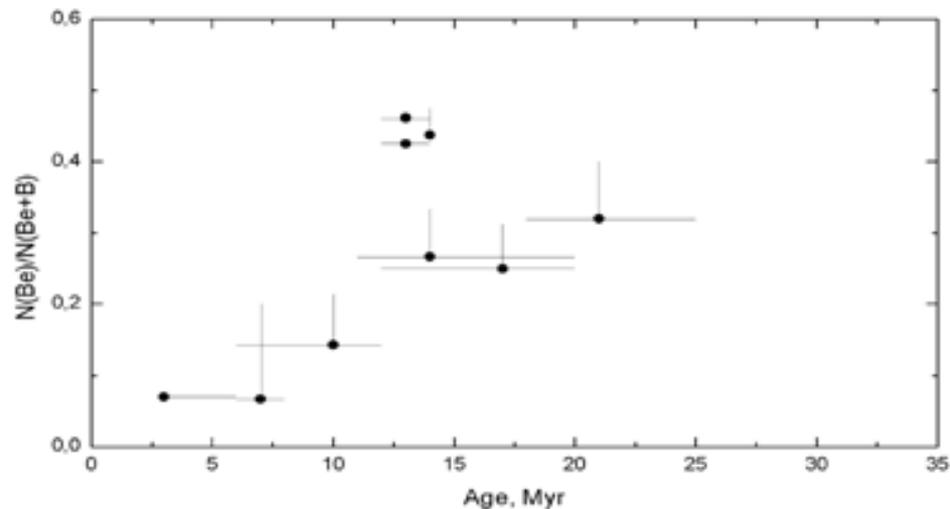


Рис. 9. Зависимость относительного числа Ве звезд от возраста скопления

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.

**А. Е. Тарасов**

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

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

# 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.

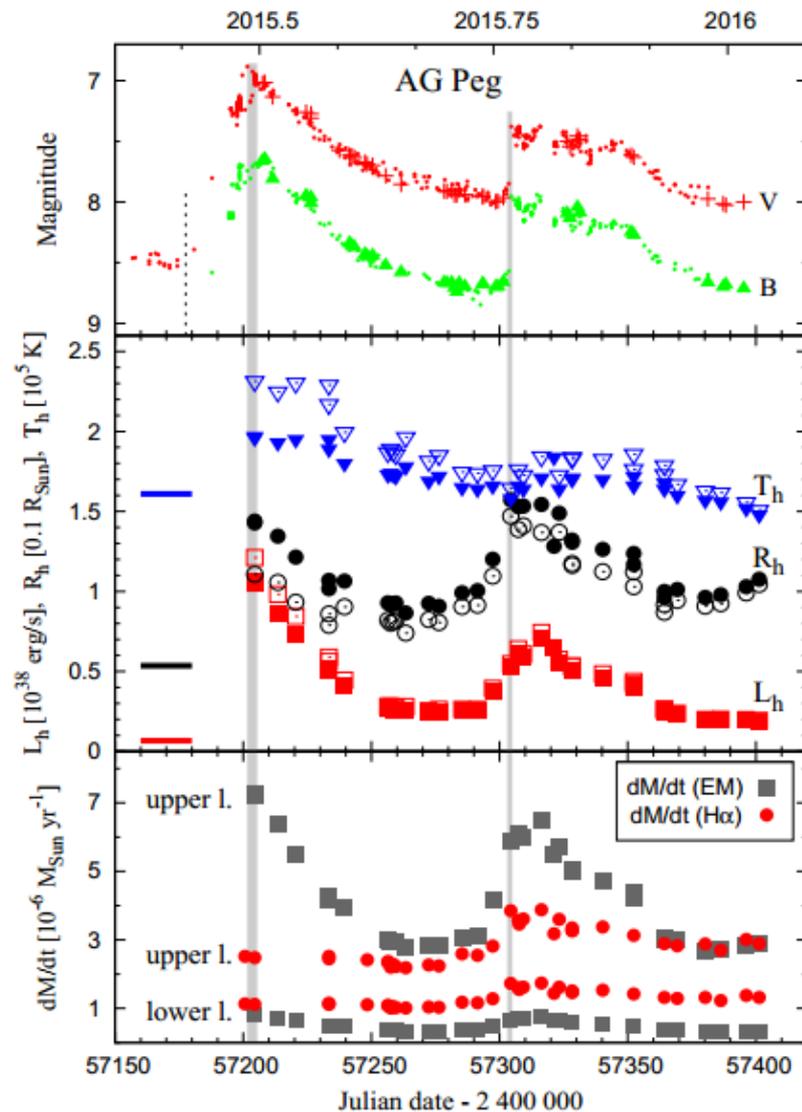


Рис. 10. На верхней панели представлены кривые блеска AG Peg в полосах В и V, на средней – эволюция параметров  $L_h$ ,  $R_h$ ,  $T_h$ , и на нижней –  $dM/dt$ .

# NY Her: возможное открытие отрицательных сверхгорбов

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

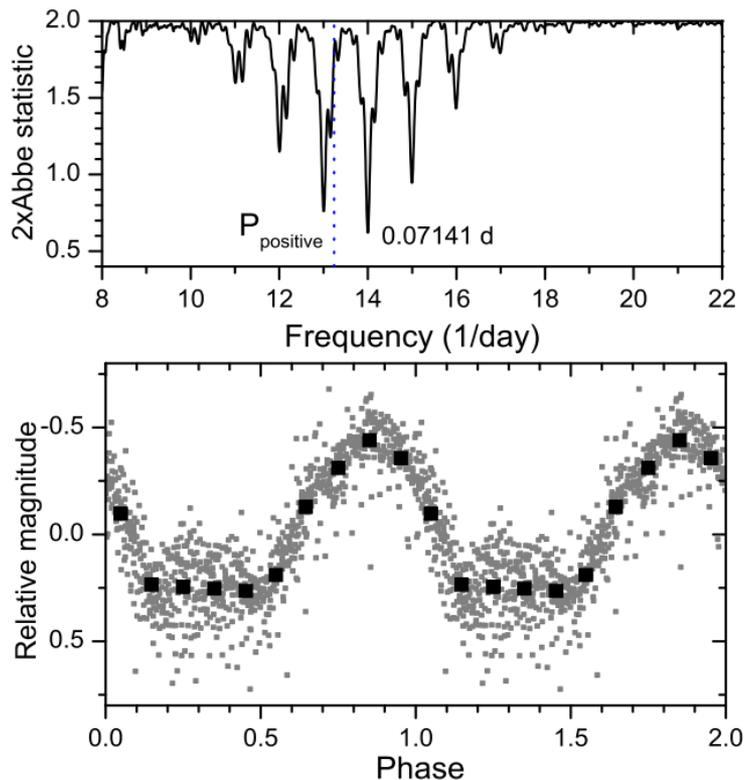


Рис. 11. Периодограмма (верхняя панель) и средняя фазовая кривая (нижняя панель) для периода  $P=0.07141$  сут.

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 сверхгорбов 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 моменты максимумов сверхгорбов 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 изменениями сверхгорбов, зависимость между изменениями периода и типами повторных поярчаний у объектов типа WZ Sge. Авторы получили самый короткий период 0.05290 сут. и подтвердили наличие промежутка в значениях периодов выше орбитального периода  $\sim 0,09$  сут. Четыре объекта (NY Her, 1RXS J161659.5 + 620014, CRTS J033349.8-282244 и SDSS J153015.04 + 094946.3) имеют сверхциклы 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 типа SU UMa с затмениями - MASTER OT J220559.40-341434.9. В течение этого исследования авторы получили наблюдения для 21 карликовой новой звезды типа WZ Sge и приводят данные 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.

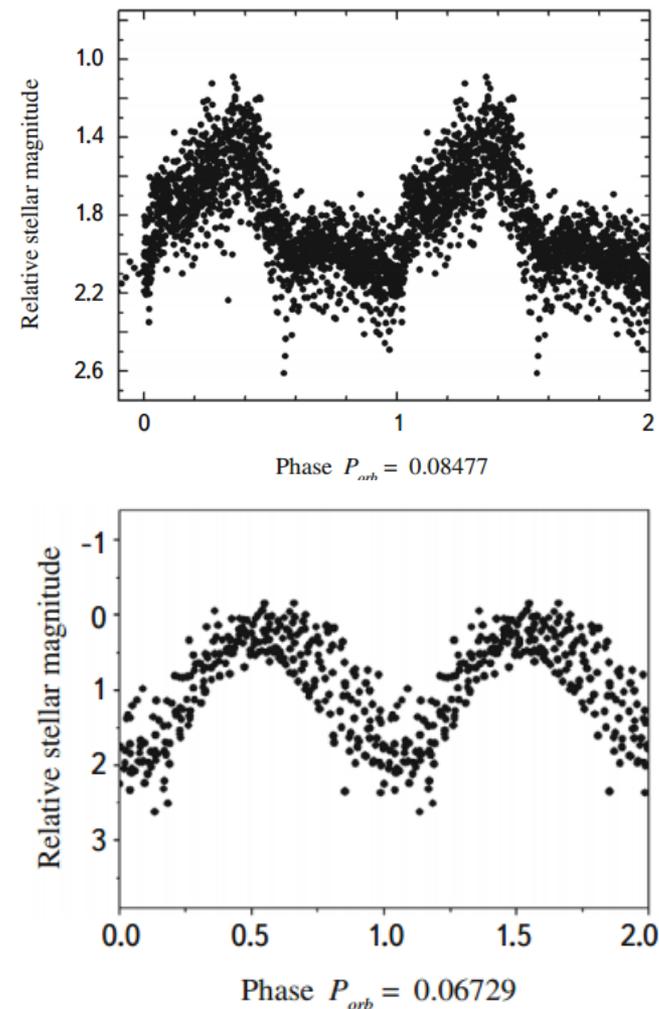


Рис. 12. Фазовые кривые блеска для SDSS J0328 и SDSS J2154 .

# 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 ( $\sim 2$  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  $\sim 1$  часа каждый. Измерена задержка вариаций рентгеновского излучения относительно оптики на  $\sim 30-50$ с. 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.

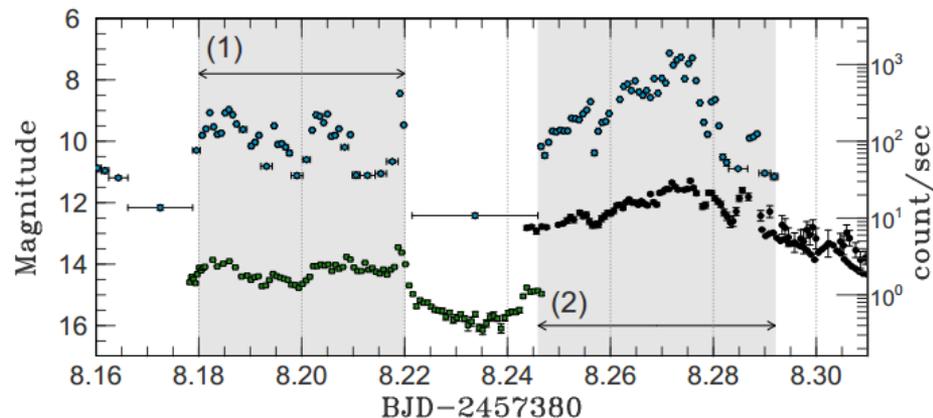


Рис. 13. Одновременные оптические и рентгеновские кривые блеска во время первого (1) и второго (2) временного интервала. Каждый интервал имеет продолжительность  $\sim 1$  часа. Синие ромбы, зеленые квадраты и черные кружки представляют рентгеновское излучение (25-60 кэВ) и две кривые блеска в полосах 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.

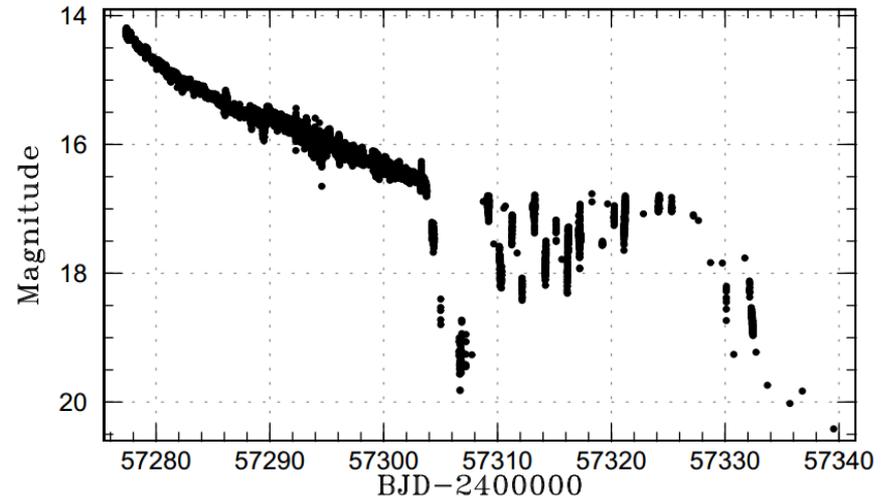


Рис. 14. Общая кривая блеска ASASSN-15ro демонстрирующая супер-вспышку множественные перетяжки. Все данные приведены с шагом в 0.01 суток.

## Итоги

По лаборатории двойных звезд в 2017г опубликовано и сдано в печать 11 работ в таких журналах как **PASJ (1), IBVS (1), ASPS (3), Астрофизика (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 $\beta$ 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  $-19.1 \pm 1.1$  Гс до  $23.6 \pm 1.0$  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.

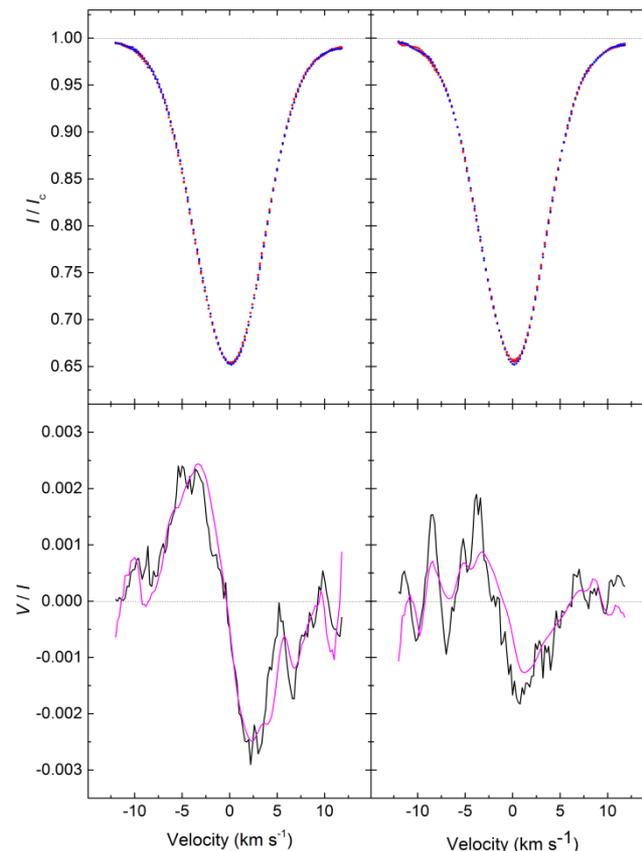


Рис. 15.  $\sigma$ -компоненты (верхние панели) и V-параметры (нижние панели) спектра  $\beta$  Aql. Нижние панели: V-параметры, вычисленные с использованием двух массивов спектральных линий: дающим сильное поле (левая нижняя панель) и слабое поле (правая нижняя панель). Продольное магнитное поле, вычисленное по первому массиву спектральных линий, составляет  $40.8 \pm 1.9$  Гс, по второму массиву спектральных линий  $8.7 \pm 2.0$  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  $\sim 0.25$ – $0.7$  вблизи максимального расширения звезды. Тогда как на фазах  $\sim 0.7$ – $1.25$  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.

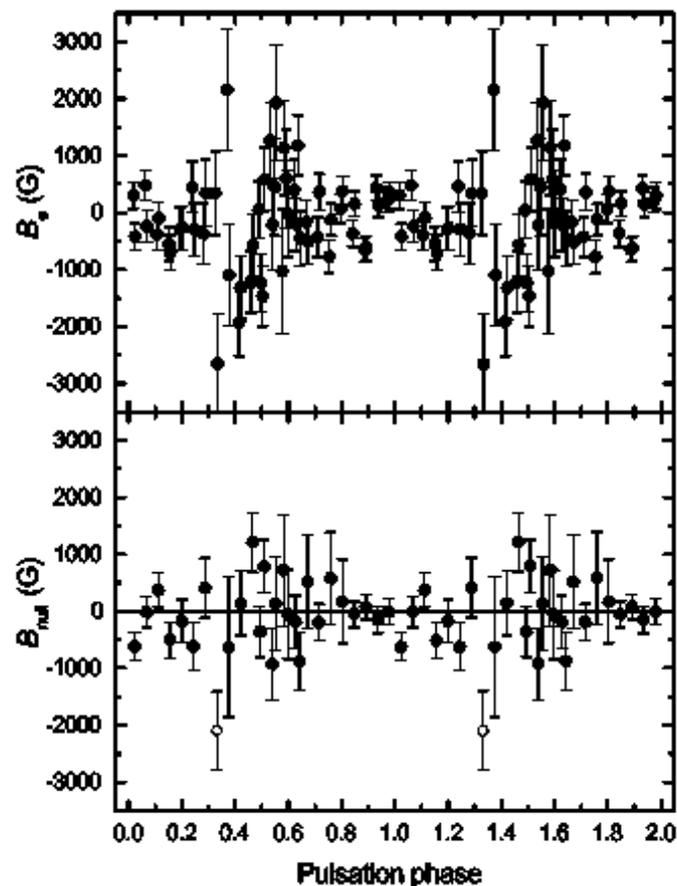


Рис. 16. Магнитное поле BW Vul, измеренное по линии He I 5047.738 (верхняя панель) и тестовое «нулевое» поле, рассчитанное по той же спектральной линии (нижняя панель). Тестовое поле рассчитывается по спектрам с одинаковой поляризацией, и при отсутствии ложной поляризации должно равняться нулю в пределах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

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

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

# 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.

К.А. Antonyuk; **N.I. Bondar'**; N.V. Pit',  
Astrophysics, 2017, Vol. 60, Iss. 3, P.365

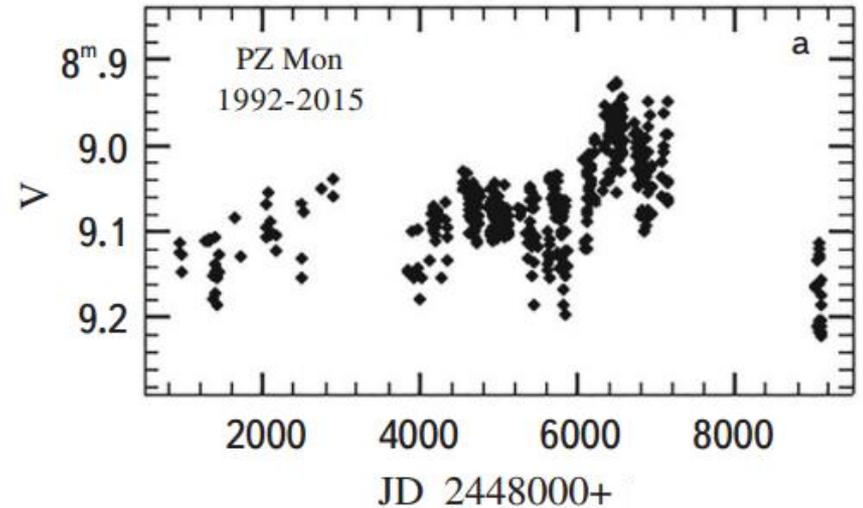


Рис. 17. Сводная кривая блеска PZ Mon по наблюдениям 1992-2015гг.

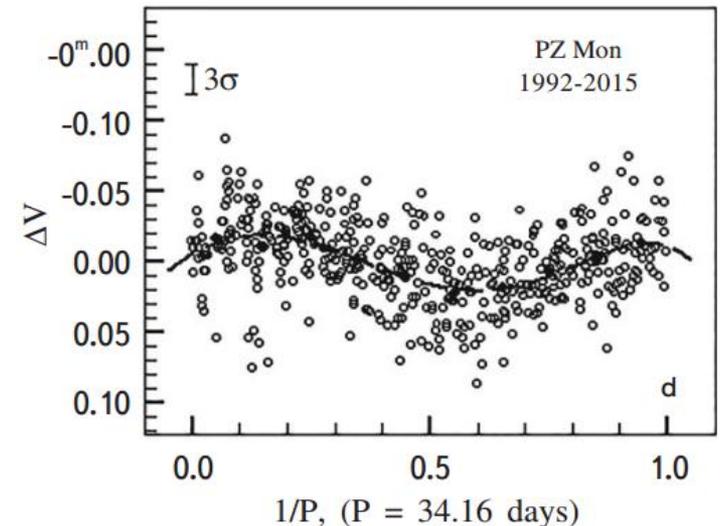


Рис. 18. Фазовая кривая блеска PZ Mon для периода  $P=34.16$  суток.

# Фотометрический период и вращательная модуляция блеска V833 Тау

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 Тау, 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 долготях.

**N.I. Bondar'**

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

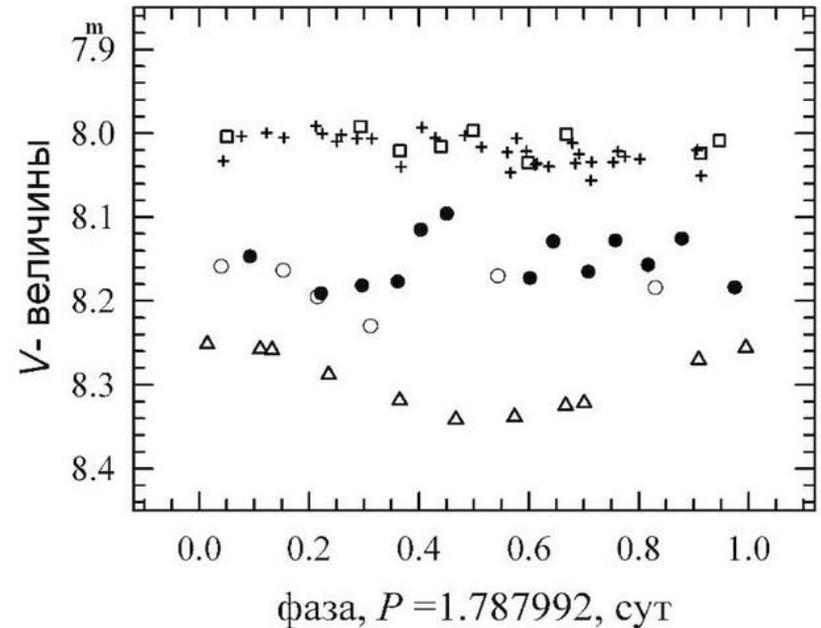


Рис. 19. Проявления вращательной модуляции у V833 Тау в разных состояниях блеска. Представлены эпохи подъема блеска в 1994 г. (темные кружки), снижения в 2004 г. (светлые кружки), вход в минимум в 2006 г. (светлые треугольники), устойчивые состояния повышенного в 1999-2003 гг. (светлые квадраты) и пониженного 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 **ВАК-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).