



**ВАЖНЕЙШИЕ НАУЧНЫЕ
РЕЗУЛЬТАТЫ
ОТДЕЛА ФИЗИКИ ЗВЕЗД
В 2016 ГОДУ**



ЛАБОРАТОРИЯ ЗВЕЗДНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

ЗВЁЗДЫ НА РАННИХ СТАДИЯХ ЭВОЛЮЦИИ:

физические характеристики, химический состав
и поиск экзопланет

Литий в звездных атмосферах: наблюдения и теория.

Л.С. Любимков

Наблюдаемое содержание лития в звездах является чрезвычайно чувствительным индикатором звездной эволюции. В обзоре обсуждаются современные данные о содержании лития в атмосферах А-, F-, G- и K-звезд различных типов, а также их соответствие предсказаниям теории. Разнообразие наблюдаемых содержаний Li продемонстрировано на следующих объектах, находящихся на разных стадиях эволюции. 1) Старые звезды гало Галактики; для них было найдено содержание лития $\log \epsilon(\text{Li}) = 2.2$ («литиевое плато»), которое оказалось на 0.5 dex меньше первичного содержания, предсказанного космологическими моделями. 2) Молодые звезды диска Галактики, которые позволили оценить современное начальное содержание лития $\log \epsilon(\text{Li}) = 3.2 \pm 0.1$ у звезд главной последовательности. 3) Эволюционирующие FGK-карлики диска Галактики; они показывают понижение $\log \epsilon(\text{Li})$ с уменьшением эффективной температуры T_{eff} и массы M . 4) FGK-гиганты и сверхгиганты; большинство таких звезд вообще не показывает лития, и этот феномен согласуется с расчетами моделей вращающихся звезд. 5) Богатые литием холодные гиганты с $\log \epsilon(\text{Li}) \geq 2.0$, представляющие небольшую и загадочную группу. 6) Магнитные Ap-звезды; у них литий сконцентрирован в пятнах, расположенных на магнитных полюсах; там содержание лития достигает $\log \epsilon(\text{Li}) \approx 6$. Отмечены расхождения между наблюдениями и теорией, которые имеют место почти для всех рассмотренных в обзоре звезд.

Л.С. Любимков.

Астрофизика, 2016 , том 59, вып. 3, с. 459-492.

Отношение N/O в ранних В-звездах главной последовательности как индикатор их эволюции.

Л.С. Любимков

Исследовано отношение N/O в атмосферах 46 ранних В-звезд ГП. Показано, что для большинства ранних В-звезд ГП характерно отношение $[N/O] \approx 0$, свидетельствующее о малом изменении величины N/O в течение стадии ГП. Большое число звезд с $[N/O] \approx 0$ объясняется двумя причинами: с одной стороны, согласно предсказаниям теории, при начальной скорости вращения $V_0 < 100$ км/с величина N/O к концу стадии ГП меняется мало ($[N/O] < 0.2$); с другой стороны, согласно наблюдениям, большинство ранних В-звезд ГП действительно имеет малые начальные скорости вращения V_0 .

Немногочисленные ранние В-звезды ГП, для которых получены повышенные значения $[N/O] = 0.4-0.8$, соответствуют моделям звезд со скоростями вращения $V_0 = 200-300$ км/с (рис. 1).

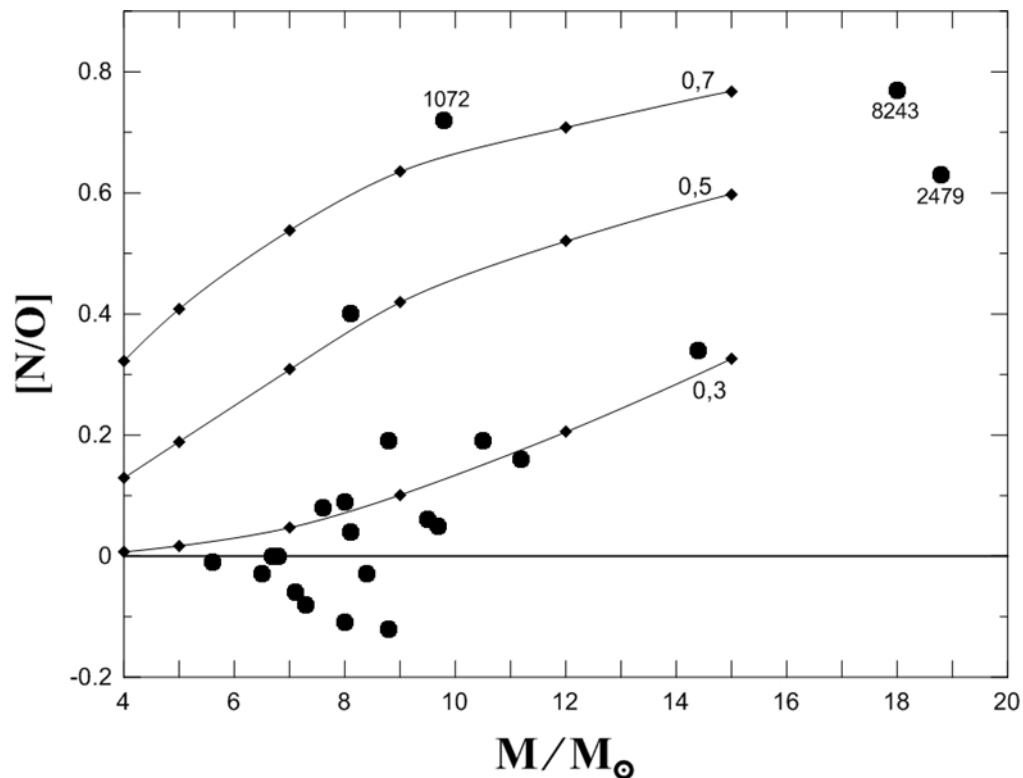


Рис. 1. Зависимость величины $[N/O]$ от массы M для В-звезд, находящихся в конце стадии ГП ($t/t_{\text{ГП}} = 0.70-1.02$). Сплошные линии соответствуют теоретическим зависимостям, рассчитанным для трех значений начальной угловой скорости вращения $\Omega/\Omega_{\text{crit}} = 0.3, 0.5$ и 0.7 .

Л.С. Любимков.

Астрофизика, 2016 , том 59, вып. 4, с. 519-534.

Динамика ветра и вариации околозвездной экстинкции у звезды типа Т Тельца RY Tau

Е.В. Бабина, С.А. Артеменко, П.П. Петров

Продолжен спектральный и фотометрический мониторинг звезд типа Т Тельца. Подтверждена зависимость околозвездной экстинкции от вариаций ветра у звезды типа Т Тельца RY Tau. С увеличением скорости ветра яркость звезды возрастает вследствие уменьшения поглощения света в запыленном дисковом ветре вблизи внутренней границы диска (рис. 2).

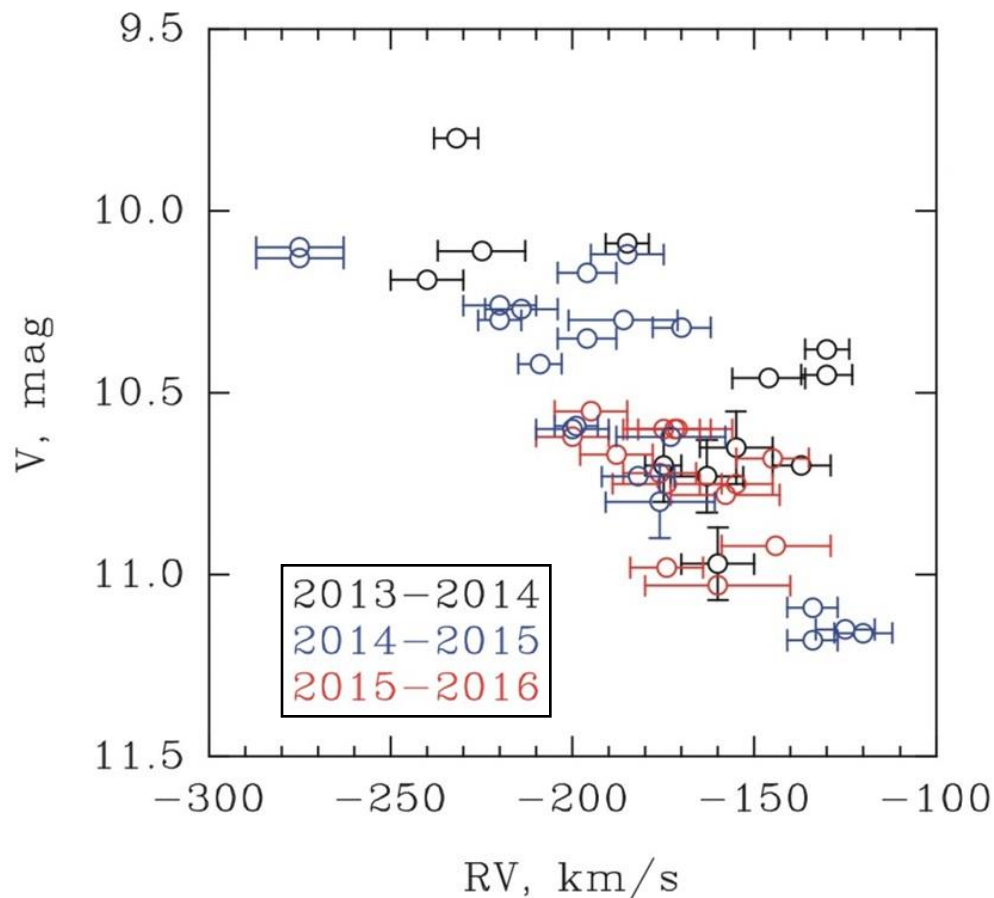


Рис. 2. Корреляция между скоростью ветра и яркостью звезды RY Tau: чем выше скорость ветра, тем меньше околозвездная экстинкция.

Е.В. Бабина, С.А. Артеменко, П.П. Петров.

Письма в АЖ, 2016, том 42, № 3, с. 221-231.

Звезды типа Т Тельца: Физические параметры и эволюционный статус

К.Н. Гранкин

Проанализирована долговременная однородная фотометрия 35 классических звезд типа Т Тельца (CTTS) в области звездообразования (ОЗ) Тельца–Возничего. Определены достоверные значения эффективной температуры, межзвездной экстинкции, светимости, радиуса, массы и возраста CTTS. Выполнено сравнение физических параметров и эволюционного статуса 35 CTTS из этой работы и 34 WTTS из предыдущих исследований. Показано, что светимости, радиусы и периоды вращения CTTS малых масс ($0.3\text{--}1.1 M_{\text{sun}}$) в среднем больше, чем аналогичные параметры маломассивных WTTS, что хорошо согласуется с эволюционным статусом этих двух подгрупп. Средний возраст более молодой подгруппы WTTS из нашей выборки (~ 2.3 млн. лет) практически совпадает со средней длительностью фазы аккреции протопланетных дисков (~ 2.3 млн. лет) у представительной выборки маломассивных звезд в семи молодых звездных скоплениях. Показано, что время рассеивания аккреционных дисков у более молодой подгруппы CTTS (с возрастом < 4 млн. лет) в ОЗ Тельца–Возничего не превышает 0.4 млн. лет, что хорошо согласуется с короткой временной шкалой диссипации протопланетных дисков, которая предсказывается некоторыми современными моделями эволюции протопланетных дисков.

К.Н. Гранкин

Письма в АЖ, 2016 , том 42, № 5, с. 353-368.

По лаборатории звездной эволюции опубликовано и сдано в печать 13 работ: из них 6 работ в таких журналах как: **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Astronomy and Astrophysics, Astrophysical Journal, Astronomical Journal.**

УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ

В 2016 году сотрудники, работающие по данной теме, выступили с докладами на 4 международных конференциях, где сделали 9 докладов.

ОТЗЫВЫ

Написан один отзыв на кандидатскую диссертацию (Л.С. Любимков) и три отзыва на статьи, присланные из журналов A&A, Ap.J., Письма в АЖ (Л.С. Любимков, К.Н. Гранкин).

ДИССЕРТАЦИИ

Е.В. Бабина закончила работу над кандидатской диссертацией «Динамика ветра избранных классических звезд типа Т Тельца» (руководитель П.П. Петров).

ЛАБОРАТОРИЯ ДВОЙНЫХ ЗВЕЗД

Двойные звёзды на главной
последовательности и после нее

Параметры оболочек новых звезд V339 Del и V2659 Cyg

(Т.Н. Тарасова).

На основе фотометрических и спектрофотометрических наблюдений исследованы оболочки двух новых V339 Del и V2659 Cyg с углеродно-кислородным белым карликом в небулярной фазе (рис. 3). Определены основные параметры новых и их оболочек. Расчёты показали, что средние электронные температура и концентрация в оболочках новых близки и равны 9000K и 10000K, и $5 \times 10^6 \text{ см}^{-3}$ и $1 \times 10^6 \text{ см}^{-3}$ у V2659 Cyg и V339 Del, соответственно. Определено содержание некоторых химических элементов в оболочке новой. Расчёты показали, что содержание азота, кислорода, неона и аргона в оболочке новой V2659 Cyg повышено по сравнению с солнечным. В оболочке новой V339 Del получено большее, чем у Солнца содержание азота и кислорода. Вычислены массы оболочек, которые составили для новой V2659 Cyg около $3 \times 10^{-4} M_{\text{SUN}}$, а для новой V339 Del – около $7 \times 10^{-5} M_{\text{SUN}}$. Моделирование профилей спектральной линии H α у новой V339 Del и сопоставление их с наблюдаемыми профилями показало, что оболочка новой состоит из около-полярных выбросов и центрального компонента в форме диска. Определён угол между направлением на наблюдателя и плоскостью орбиты двойной системы, равный 65°.

Т. Н. Тарасова, А. Скопал.

Письма в Астрономический журнал, 2016, т. 42, с. 10-28.

Т. Н. Тарасова.

Астрономический журнал, 2016, т. 60, №12, с. 1052-1066.

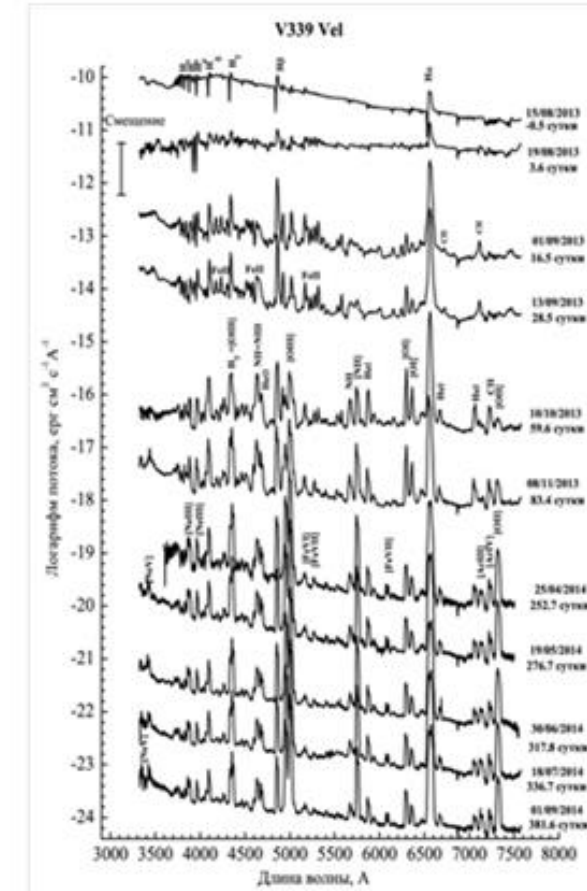
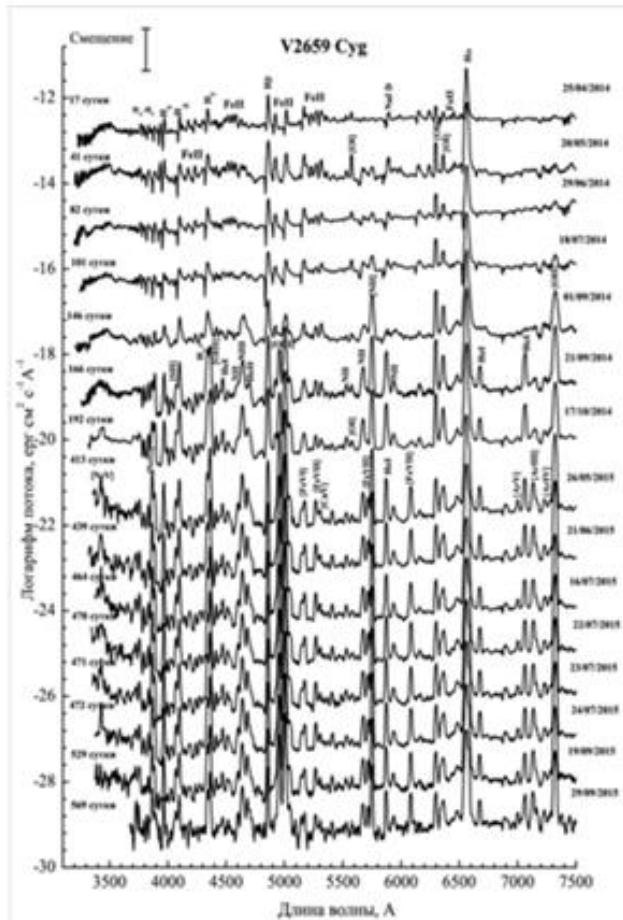
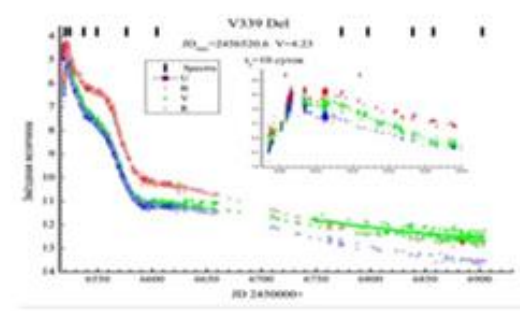
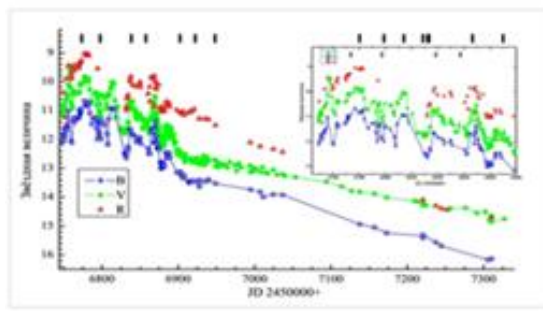


Рис. 3. Кривые блеска (AAVSO) и спектрофотометрия новых V2659 Cyg и V339 Del.

Двойная массивная система V622 Per

(А.Е. Тарасов)

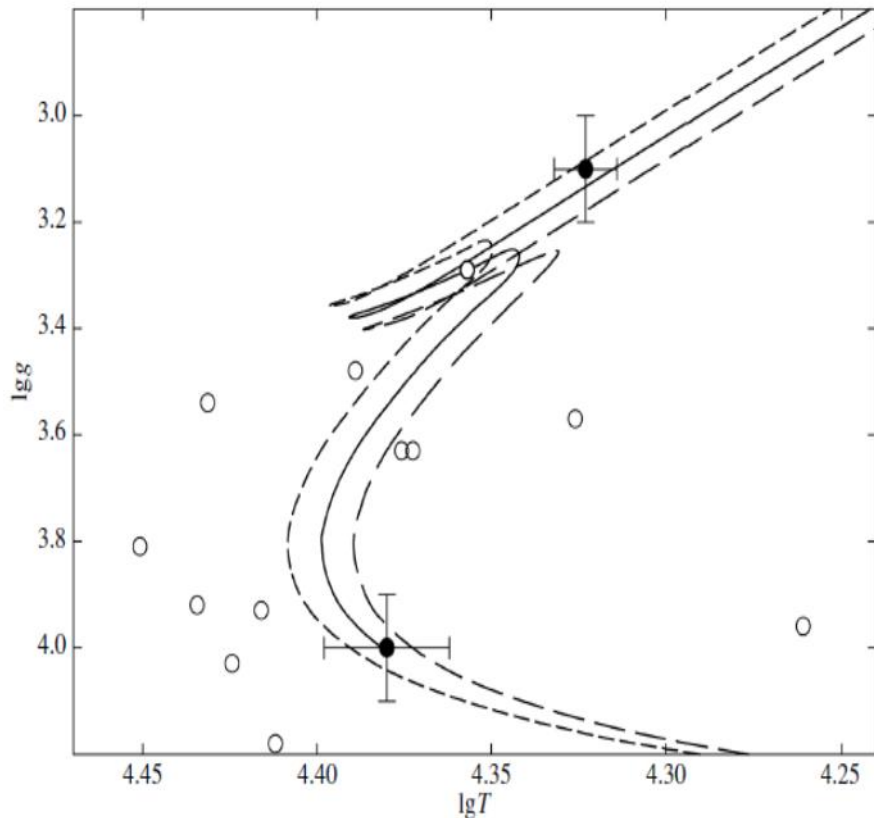


Рис. 4. Диаграмма, демонстрирующая эволюционный статус компонентов двойной системы V622 Per.

По спектральным и фотометрическим наблюдениям обнаружена единственная, на данный момент, спектрально – двойная массивная система V 622 Per, являющаяся членом богатого на звезды молодого рассеянного звездного скопления χ Per. На основе совместного решения кривых переменности лучевых скоростей и фотометрической переменности найдены основные физические параметры компонентов. Система с орбитальным периодом 5.2 дня, относится к редкому типу классических массивных Алголей. Более яркий компонент является проэволюционировавшей звездой, сбросившей значительную часть своей оболочки и демонстрирующей в атмосфере заметный избыток продуктов CNO цикла. Известный возраст скопления χ Per, составляющий 14 ± 1 млн лет, позволил впервые для данного редкого класса объектов, зафиксировать во времени эволюционный статус системы (см. рис. 4).

Тарасов А.Е.

Письма в Астрономический Журнал, 2016 т. 42, № 10, с. 674-685.

Вторичный компонент у массивной двойной системы 103 Тау

(А.Е. Тарасов)

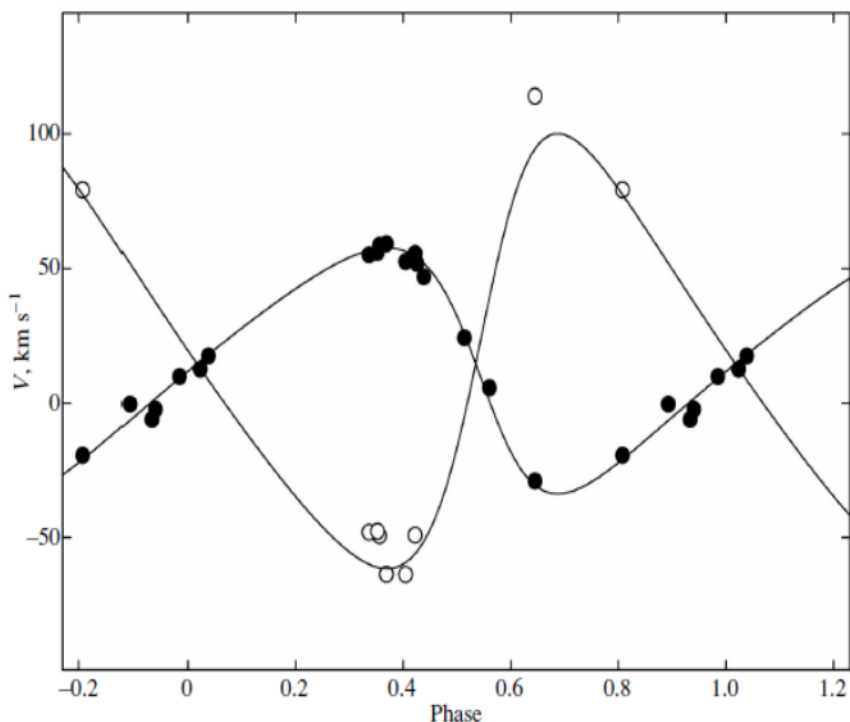


Рис. 5. Переменность лучевых скоростей двойной системы 103 Тау.

По спектрам высокого разрешения найден вторичный компонент у массивной и яркой двойной системы 103 Тау. Определены параметры орбиты системы (рис. 5). Обнаружена эмиссия в линии $\text{H}\alpha$ умеренной интенсивности переменная с фазой орбитального периода. Показано, что вокруг вторичного, менее массивного компонента, присутствует диск, природа образования которого не вполне ясна. Ни один из компонентов не заполняет своих полостей Роша, поэтому, согласно классическим представлениям, обмен веществом в системе должен отсутствовать. Тем не менее, результаты исследований ряда других двойных массивных систем со сходным эволюционным статусом, выполненных в Крымской обсерватории, указывают на то, что прежде чем вступить в фазу быстрого обмена массой, массивные двойные системы могут демонстрировать усиление звездного ветра, что может приводить к заметному обмену массой и угловым моментом.

Тарасов А.Е.

Письма в Астрономический Журнал, 2016 т. 42, № 9, с. 598-605.

Рентгеновская новая V404 Cyg во вспышке 2015 г.

(Е.П. Павленко, О. Антонюк, К. Антонюк, Н. Пить, А. Сосновский, Ю. Бабина, А. Бакланов, и др.)

Исследование рентгеновской новой V404 Cyg во вспышке 2015 г. в оптике проводилось в рамках международной кампании. Были выявлены сильные флуктуации яркости – квазирегулярные вспышки на шкале 100 – 2000 с. с амплитудой от $0^m.1$ до $2^m.5$, которые могут быть вызваны аккреционными скоростями, на порядок более низкими, чем те, которые требуют теоретические модели (см. рис. 6). Мы предполагаем, что эти флуктуации вызваны тепловой нестабильностью и нестабильностью давления излучения во внутренних частях диска. Вероятно, они могут возникать в системах с длинными орбитальными периодами (сутки). Анализ оптических и рентгеновских колебаний свидетельствует о том, что мы можем напрямую детектировать визуальный блеск из самых внутренних частей аккреционного диска в двойной системе с черной дырой.

M. Kimura, K. Isogai, T. Kato, ..., **E.P. Pavlenko, O.I. Antonyuk, K.A. Antonyuk, N.V. Pit, A.A. Sosnovskij, J.V. Babina, A.V. Baklanov** et al. Repetitive patterns in rapid optical variations in the nearby black-hole binary V404 Cygni. Nature, 2016 V. 529, Iss 7584, pp. 54-58.

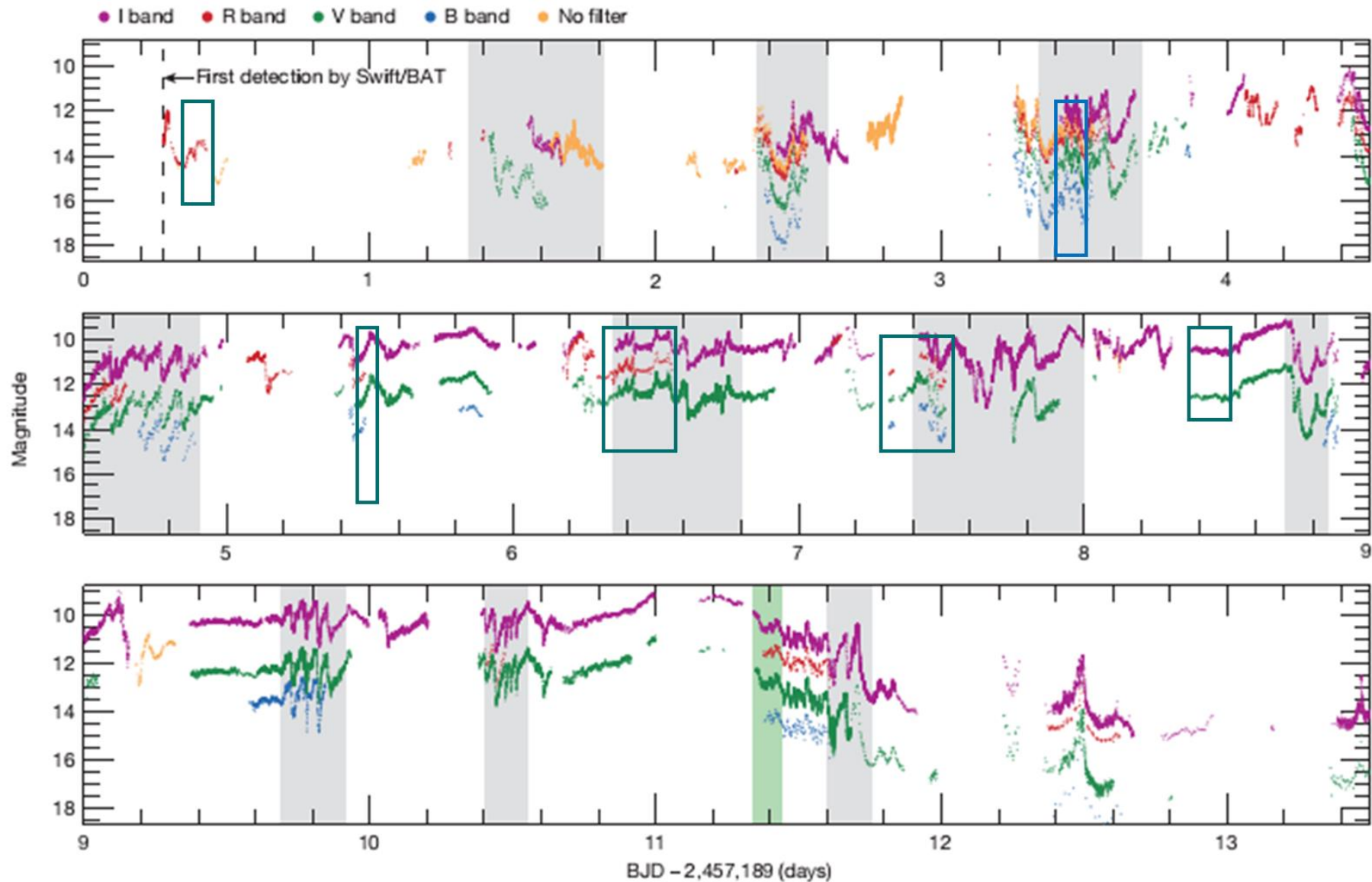


Рис. 6. Рентгеновская новая V404 Cyg во вспышке 2015г

Карликовые новые во вспышках

(Е.П. Павленко, О. Антонюк, К. Антонюк, Н. Пить, А. Сосновский, Ю. Бабина, А. Бакланов, и др.)

У 9 карликовых новых ASASSN-15hd, ASASSN-15ob, ASASSN-15rj, ASASSN-15sc, ASASSN-16sl, ASASSN-15jd, IPHAS J230538, AL Com и CR Boo исследовались нами в течение 29 ночей в рамках международной кооперации, инициированной японскими коллегами во время вспышек 2015-2016 гг. Для восьми из них были найдены периоды сверхгорбов, а для систем ASASSN-15hd и CR Boo определены отношения масс вторичного компонента к первичному, равные 0.076 и 0.101 соответственно.

У объекта CSS160603:162117+441254.2 во время вспышки 2016 г. выделена короткопериодическая переменность 0.052106(30) сут, которая, предположительно, может быть связана с вращением белого карлика.

Kimura M. ..., **Pavlenko E.P., Sosnovskij A.A.**, et al. Unexpected superoutburst and rebrightening of AL Comae Berenices in 2015. Publications of the Astronomical Society of Japan (PASJ), 2016, V. 68, Iss. 1, id.L 25

Isogai K., ..., **Pavlenko E., Antonyuk K., Antonyuk O., Pit N., Sosnovskij A., Baklanov A., Babina Ju.**, et al. // Superoutburst of CR Bootis: Estimation of mass ratio of a typical AM CVn star by stage A superhumps. Publications of the Astronomical Society of Japan, 2016, V. 68, Iss. 4, id.64, 9 pp.

Kimura M., ..., **Pavlenko E., Babina Ju., Antonyuk O., Baklanov A.**, et al. // ASASSN-15jd: WZ Sge-type star with intermediate superoutburst between single and double ones. PASJ, 2016, V. 68, Iss. 4, id.55, 9 pp.

Pavlenko, E. P.; Sosnovskij, A. A.; Antonyuk, O. I.//0.052-day variability of CSS160603:162117+441254.2. ATel., 2016, 9138, 1.

По лаборатории двойных звезд в 2016г опубликовано 13 работ в таких журналах как **Nature, PASJ, АЖ, ПАЖ, Астрофизика, Астрофизический бюллетень.**

Сделано 7 докладов на двух конференциях: 3 – на конференции молодых ученых КрАО и 4 на международной конференции «Stars: from collapse to collapse».

Доклады на конференции “Stars: from Collapse to Collapse” SAO, Nizhnij Arkhyz, Oct. 3-7, 2016»:

- 1.Тарасов, А.Е. «Be stars in open stellar clusters».
- 2.Павленко, Е.П. «40 years with cataclysmic variables and related systems».
- 3.Sosnovskij, A.A. «EZ Lyn: 5 years of “rest”».
- 4.Пить, Н.В. «Multicolor BVRcl photometry of 1WASP J162117.36+441254.2 during the burst of 2016».

Доклады на конференции молодых ученых КрАО

А.А. Сосновский

Ю.В. Бабина

Н.В. Пить

Доклады на семинарах КрАО:

- 1.Тарасов А.Е. Мальченко С.Л., Якут К. «Физические характеристики массивного Алголя V622 Per, члена скопления Chi Per».
- 2.Тарасов А.Е. «Параметры орбиты и переменность эмиссионного спектра массивной двойной системы HR 1659».
- 3.Тарасова Т.Н. «Параметры оболочек некоторых новых с СО и О-Ne-Mg белым карликом».

Защищена одна дипломная работа (рук. Павленко Е.П.).

ЛАБОРАТОРИЯ ЗВЕЗДНОГО МАГНЕТИЗМА

Звёздный магнетизм

Вспыхивающие звезды – благоприятные объекты для изучения нетепловых астрофизических явлений

Е. Окс и Р.Е. Гершберг

В этой работе представлен метод для диагностики низкочастотной электростатической плазменной турбулентности (НЭПТ) в плазме вспыхивающих звезд. Этот метод был разработан ранее одним из авторов и успешно применялся для диагностики НЭПТ в солнечных вспышках. В этом исследовании использовались новейшие достижения в теории штарковского уширения спектральных линий водорода. Анализ наблюдаемого излучения бальмеровских линий показал, что с высокой долей вероятности феномен НЭПТ имел место в течение нескольких вспышек AD Leo и в одной вспышке EV Lac. Авторы нашли НЭПТ на фазе взрыва, на фазе максимума и на фазе затухания звездных вспышек. В то время, как для солнечных вспышек этот метод позволяет диагностировать НЭПТ только в самых мощных вспышках, в случае вспыхивающих звезд, этот метод позволяет выявить НЭПТ практически в каждой вспышке. В связи с этим, очень важно получить новые, более качественные спектрограммы звездных вспышек, чтобы выполнить их анализ с помощью этого метода. Использование метода НЭПТ может стать наилучшим способом для понимания природы нетепловых астрофизических явлений.

Возможное затухание орбитальной скорости планеты WASP-43b

И.Г. Цзян, С.И. Лай, А. Савушкин и др.

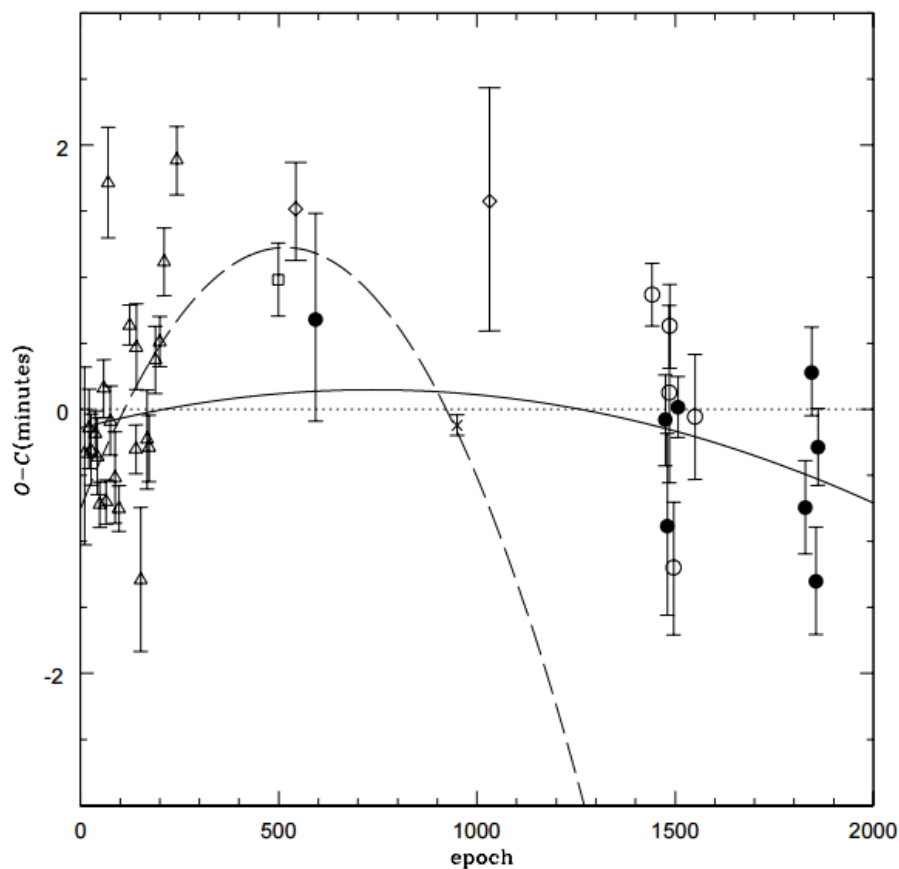


Рис. 7. Диаграмма О-С. Заполненные кружки – данные из настоящей работы. Пунктирная линия – модельное приближение без учета новых данных. Непрерывная линия – лучшее модельное приближение с учетом новых данных.

В ходе этого исследования получены новые данные о восьми прохождении планеты WASP-43b по диску родительской звезды. Анализ этих новых данных и всех опубликованных ранее показал, что затухание орбитальной скорости планеты на порядок меньше ранее представленного в литературе значения:

$$dP/dt = -0.02890795 \pm 0.00772547 \text{ сек/год}$$

Меньшая скорость затухания соответствует допустимому теоретическому значению фактора звездного приливного взаимодействия (рис. 7).

По результатам исследований сотрудников лаборатории звездного магнетизма опубликовано и сдано в печать 24 работы.

УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ

Сотрудники лаборатории приняли участие в 6 различных научных конференциях и представили на них 23 доклада. Список конференций:

- Международная конференция «Физика звёзд: от коллапса до коллапса», САО РАН, 3-7 октября 2016 года.
- 45-я Международная конференция «Физика Космоса», АО УрФУ, Екатеринбург, февраль 2016.
- 19th Cambridge Workshop "Cool Stars, Stellar Systems and the Sun", Uppsala, Sweden, June 2016.
- 16-th Gamow summer school "Astronomy and beyond: astrophysics, cosmology, cosmomicrophysics, astroparticle physics, radioastronomy and astrobiology", Odessa, Ukraine, 14-20 August 2016.
- 16th Ukrainian conference on space research, Odessa, Ukraine, 22–27 August 2016.
- Astronomy workshop 2016 – BRICS - Astronomical data and computation, Ekaterinburg, Russia, 5-7 September 2016.

ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

- И.Ю.Алексеев принял участие в МАН, Симферополь. Выполненная под его руководством работа О.И. Зенина (НБОУ СОШ 24, Симферополь) “Исследование спектральной активности INCom, часть II” заняла 1 место в республиканском конкурсе МАН по физике и астрономии (февраль 2016) и 1 место в общероссийском конкурсе МАН (Обнинск, март 2016). Работа отправлена на международный конкурс “Путь в науку”, МФТИ, февраль 2016, где заняла 3 место.
- И.Ю.Алексеев принял участие в 45-й международной школе-конференции "Физика Космоса", февраль 2016, АО УрГУ, Екатеринбург, где прочёл лекцию “Поверхностные неоднородности звезд поздних спектральных классов”.
- Вышла из печати книга G.I. Pinigin, Zh.A. Pozhalova, A.N. **Rostopchina-Shakhovskaya**, N.I. Bondar, L.V.Kazantseva, S.M. Andrievsky, V.G. Karetnikov. // Astronomical observatories in Ukraine : relevance to the UNESCO astronomy heritage initiative / in Astronomy and world heritage: across time and continents, ed. M.Ya. Marov. Kazan : Publishing House of Kazan University, 2016, p. 203-21125/