



ВАЖНЕЙШИЕ

НАУЧНЫЕ

ДОСТИЖЕНИЯ ЛФЗ

В 2012 ГОДУ



ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗВЁЗДНЫХ АТМОСФЕР

1. СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА, АЗОТА И КИСЛОРОДА В МОЛОДЫХ В-ЗВЕЗДАХ В ОКРЕСТНОСТИ СОЛНЦА

С целью проверки предположения о том, что Солнце при своем рождении располагалось гораздо ближе к центру Галактики, чем сейчас, и его химический состав может не совпадать с химическим составом молодых звезд в его сегодняшней окрестности, была поставлена задача: на основе современной методики определить с высокой точностью начальные содержания С, N и O в молодых В-звездах в окрестности Солнца. Для этого у 22 звезд класса В, специально отобранных из списка более 100 В-звезд, спектры которых наблюдались ранее в НИИ «КрАО» и на обсерватории Мак Дональд США, по усовершенствованной методике были определены два фундаментальных параметра: эффективная температура T_{eff} и ускорение силы тяжести в атмосфере $\log g$; были найдены также массы этих звёзд $M = 5-11 M_{\odot}$, их возраст и расстояние до них, которое оказалось в пределах 600 пс. Все эти звезды находятся на стадии главной последовательности (ГП), и их положение на эволюционной диаграмме позволяет предположить, что они не испытали перемешивания на стадии ГП и, следовательно, сохранили начальное содержание химических элементов в своих атмосферах.

Анализ содержаний С, N и O проводился по спектральным линиям С II, N II и O II; в расчетах этих линий использовалась наиболее совершенная методика, основанная на отказе от предположения о локальном термодинамическом равновесии. Найденные средние содержания находятся в отличном согласии с самыми последними данными других авторов, чьи исследования появились в процессе выполнения данной работы. Важно, что эти другие данные были получены по другой методике. В качестве примера в Таблице 1 представлено сравнение с результатами, полученными в работе Nieva M.F. and Przybilla N., A&A, 539, A143, 2012.

Элемент	Наши средние содержания	CAS (NP'12)
C	8.33±0.11	8.33±0.04
N	7.78±0.09	7.79±0.04
O	8.72±0.12	8.76±0.05

Таблица 1. Сравнение средних содержаний С, N и O для 20 непроэволюционировавших В-звезд с Космическим Стандартом Содержаний (Cosmic Abundance Standard = CAS) из работы Nieva & Przybilla (NP'12).

Найденные содержания азота и кислорода в молодых В-звездах показали очень хорошее согласие с современными оценками содержаний N и O для Солнца (Таблица 2). Таким образом, проведенный анализ содержаний N и O подтвердил вывод, полученный по другим химическим элементам, а именно: металличность близких молодых В-звезд такая же, как у Солнца. Однако в случае углерода, как и у других авторов, по-прежнему получается небольшой дефицит, причина которого пока остается невыясненной.

Таблица 2. Средние содержания C, N и O для 22 В-звезд ГП в сравнении с современными значениями для Солнца

Объект	$\log \epsilon(\text{C})$	$\log \epsilon(\text{N})$	$\log \epsilon(\text{O})$	Источник
В-звезды ГП	8.31 ± 0.13	7.80 ± 0.12	8.73 ± 0.13	Наши данные
Солнечная фотосфера	8.50 ± 0.06	7.86 ± 0.12	8.76 ± 0.07	Caffau et al. (2008, 2009, 2010)
Солнечная фотосфера	8.43 ± 0.05	7.83 ± 0.05	8.69 ± 0.05	Asplund et al. (2009)
Протосолнечные содержания	8.47 ± 0.05	7.87 ± 0.05	8.73 ± 0.05	Asplund et al. (2009)

По этой работе подготовлена статья, которая принята к печати в журнале “Monthly Notices of the Royal Astronomical Society” (Л.С.Любимков, Д.Б.Поклад и Т.М.Рачковская при сотрудничестве с Д.Л.Ламбертом и С.И.Ростопчиным из обсерватории Мак Дональд Техасского университета США). Следует отметить, что данная статья является пятой по счету в серии работ по В-звездам, публикуемых в “Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”.

2. СОДЕРЖАНИЕ ХРОМА И ТИТАНА В АТМОСФЕРАХ А-, F- и G-СВЕРХГИГАНТОВ

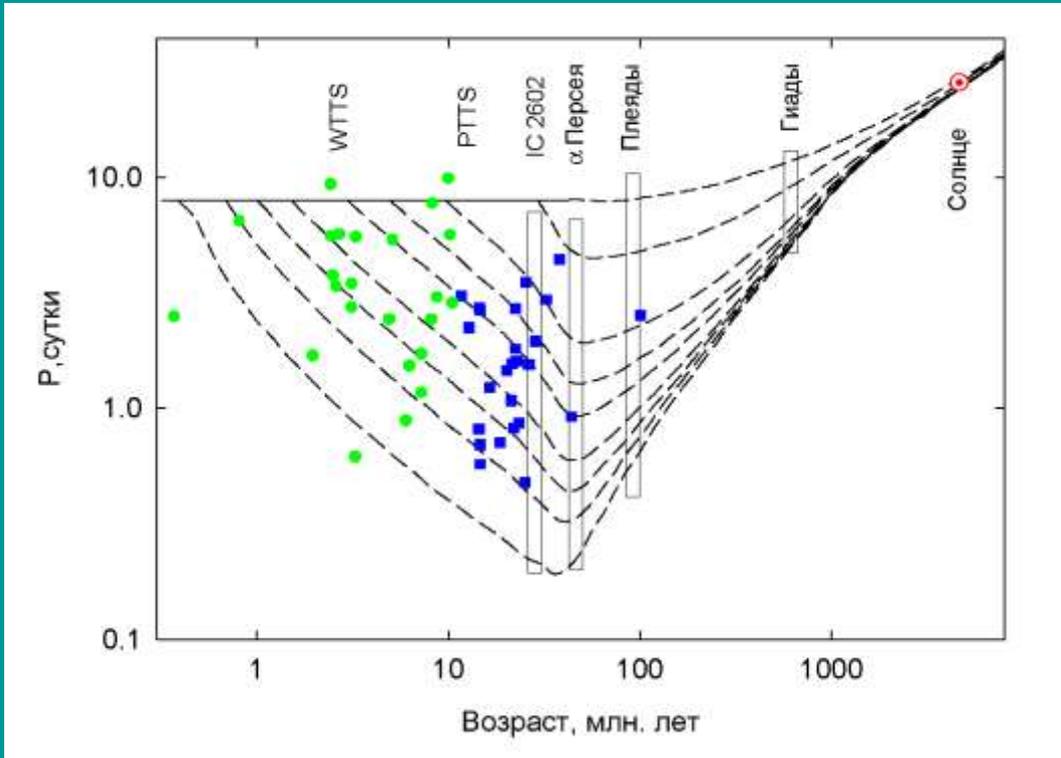
Проведено исследование химического состава сверхгигантов классов А, F и G, которые в эволюционном отношении являются потомками В-звезд ГП. Для 22 звезд этого типа в окрестности Солнца радиусом 700 пс по спектрам высокого разрешения, полученным ранее на обсерватории Мак Дональд в США, определены содержания двух элементов группы железа – титана и хрома. Анализ, выполненный по линиям Cr II и Ti II, привел к следующим средним содержаниям: $\log \varepsilon(\text{Cr}) = 5.69 \pm 0.13$ и $\log \varepsilon(\text{Ti}) = 4.87 \pm 0.13$. В пределах ошибки определения эти значения совпадают с современными оценками содержаний Cr и Ti для Солнца. Таким образом, подтвержден вывод, полученный для А-, F- и G-сверхгигантов по другим элементам, а именно: металличность молодых звезд в солнечной окрестности такая же, как у Солнца. Статья с этими результатами представлена в «Известия КрАО» (Д.Б.Поклад).

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИНИЙ ЛИТИЯ В СПЕКТРАХ МАГНИТНЫХ Ар-ЗВЕЗД

В рамках международного проекта «Литий в Ар-СР звездах» были продолжены исследования спектров магнитных Ар-звезд и, в частности, линий лития Li I 6708 и 6103 Å. Спектральные наблюдения таких звезд проводились на крупнейших телескопах двух обсерваторий – НИИ «КрАО» (ЗТШ) и САО РАН (БТА). Проводился мониторинг 10 быстровращающихся Ар-звезд, показавших переменную линию лития 6708 Å. Наибольший интерес вызвала звезда HD 50635, так как в её спектре обнаружен сдвиг линии лития 6708 Å в длинноволновую область, который может свидетельствовать о повышенном содержании изотопа лития Li6. Результаты анализа спектра этой звезды были представлены Н.С. Полосухиной на международной конференции “Lithium in the Cosmos” в Париже в феврале 2012 г. и на конференции «Звездные атмосферы» в НИИ «КрАО» в июне 2012 г. Интенсивные наблюдения этой звезды продолжаются на ЗТШ (Н.С.Полосухина, М.А.Смирнова).

ИЗМЕНЕНИЕ ПЕРИОДОВ ВРАЩЕНИЯ МОЛОДЫХ ЗВЕЗД В ТЕЛЬЦЕ-ВОЗНИЧЕ В ТЕЧЕНИЕ ПЕРВЫХ 50 МЛН ЛЕТ ЭВОЛЮЦИИ

К.Н.Гранкин

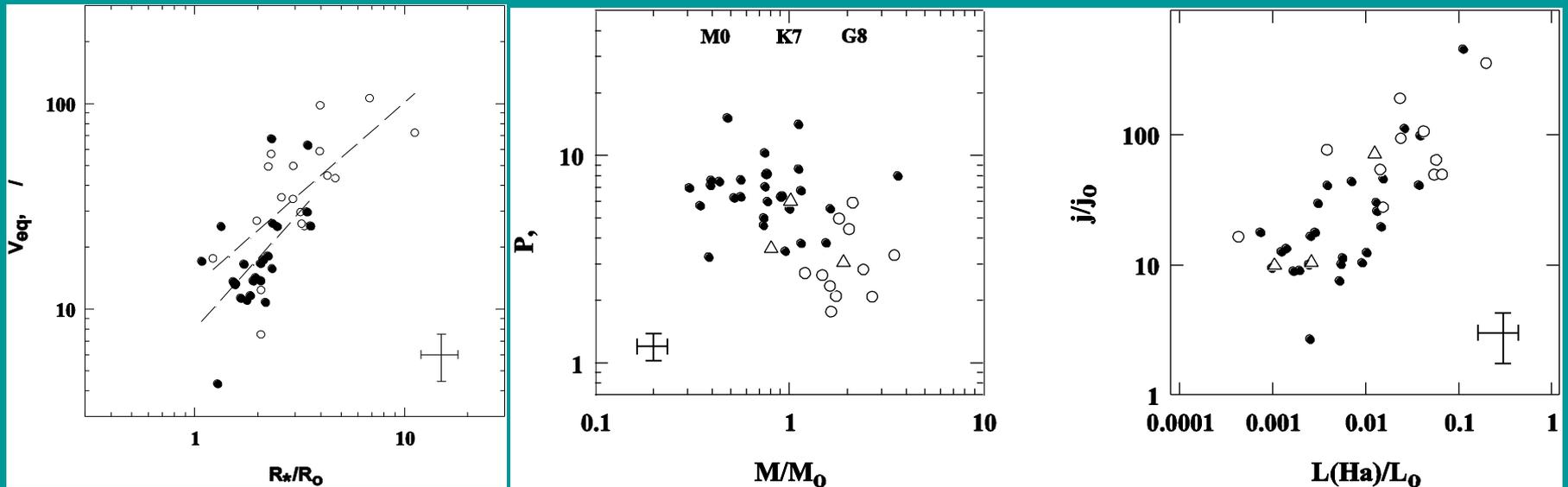


Показано, что большинство молодых звезд выборки без видимых дисков прекратили свое активное взаимодействие с газо-пылевыми дисками на временном интервале от 0.7 до 10 млн. лет.

Наблюдаемое ускорение вращения при движении к главной последовательности хорошо объясняется быстрым уменьшением момента инерции, в то время как потери углового момента являются умеренными.

Зависимость периода вращения от возраста для 48 молодых звезд без дисков в области звездообразования Тельца-Возничего. Звезды моложе 10 млн лет – зеленые кружки; старше 10 млн лет – синие квадраты. Каждая штриховая линия показывает эволюцию периода вращения в зависимости от того конкретного момента времени, когда прекращается магнитосферная связь между звездой и диском.

Эволюция вращения звезды на стадии до главной последовательности



Слева: Экваториальная скорость вращения в зависимости от радиуса звезды. По мере сжатия Звезды скорость увеличивается так, что период вращения остается постоянным.

В центре : зависимость периода вращения от массы звезды. Точки – звезды на конвективных треках, кружки – звезды на радиативных треках, треугольники – звезды в точке поворота от конвективного к радиативному треку.

Справа: зависимость удельного углового момента звезды (в солнечных единицах) от абсолютной светимости в линии H α (критерий темпа аккреции). *С.А.Артеменко, П.П.Петров, К.Н.Гранкин*



В. В. Бутковская, В. М. Кувшинов, С. И. Плачинда

МАГНЕТИЗМ ЗВЕЗД

УДК 52.520

Магнитные поля – одно из самых загадочных явлений, присущее всем космическим объектам. Наиболее распространенным и эффективным методом изучения магнитных полей звезд является спектрополяриметрия, в основе которой лежит использование эффекта Зеемана.

В мире с каждым годом растет количество наземных средних и крупных телескопов, спектрографы которых оснащаются стоксметрами для изучения распределения поляризации в спектрах. Тем не менее, спектрополяриметрия в качестве инструмента исследований физики космических объектов, по прежнему остается уделом немногих. Это связано как с технологическими трудностями выполнения самих наблюдений, так и с трудностями освоения и понимания методов обработки результатов наблюдений.

Настоящее учебное пособие посвящено общему описанию способа измерения величины магнитного поля звезд по поляризации в контурах спектральных линий. После краткого перечисления фактов о магнитных полях звезд, дается подробное описание методики вычисления магнитного поля.

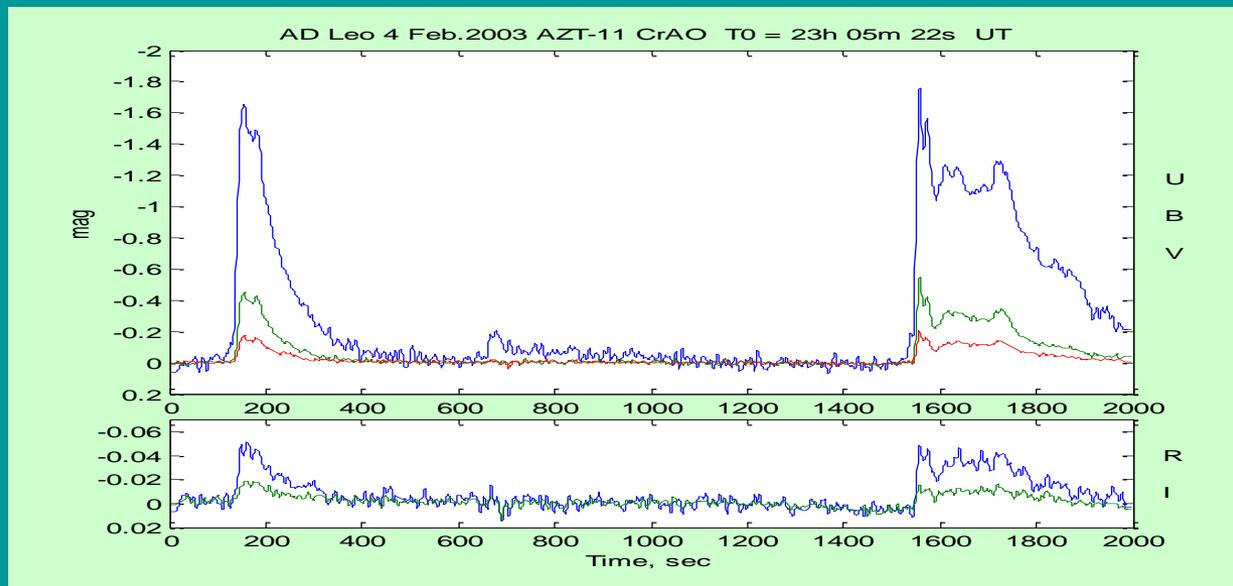
Пособие представляет интерес как для специалистов, так и студентов-астрономов.

(50 стр.)

ТОНКАЯ ВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА ВСПЫШЕК AD Leo

М.Н.Ловкая

4 февраля 2003 года на телескопе AZT-11 в ходе скоростной UBVRI-фотометрии вспыхивающего красного карлика AD Leo были зарегистрированы две близкие сильные вспышки. Обе они характеризовались стремительным возгоранием и достигли максимумов блеска в течение нескольких секунд. В полосе U амплитуды вспышек составляли 1.65 и 1.76 звездных величин, продолжительности – около 5 минут и более 8 минут, но окончание второй вспышки не было зарегистрировано. Промежуток времени между максимумами вспышек составил 23 минуты, но через 8.5 минут после максимума первой вспышки произошла еще одна вспышка с амплитудой в U около 0.2 mag. Наблюдавшаяся последовательность событий является уникальной, поскольку вспышки AD Leo регистрируются довольно редко.



Кривые блеска вспышек AD Leo 4.02.2003 относительно спокойного состояния звезды.

Полученные фотометрические кривые были обработаны развитым в ГАО НАНУ (Б.Е.Жиляев) методом цифровой фильтрации и полученные при этом показатели цвета собственного излучения вспышек проанализированы методом двуцветных диаграмм, предложенным в КрАО (Р.Е.Гершберг). Анализ треков на U-B, B-V диаграмме обнаружил следующую эволюцию излучения вспышек.

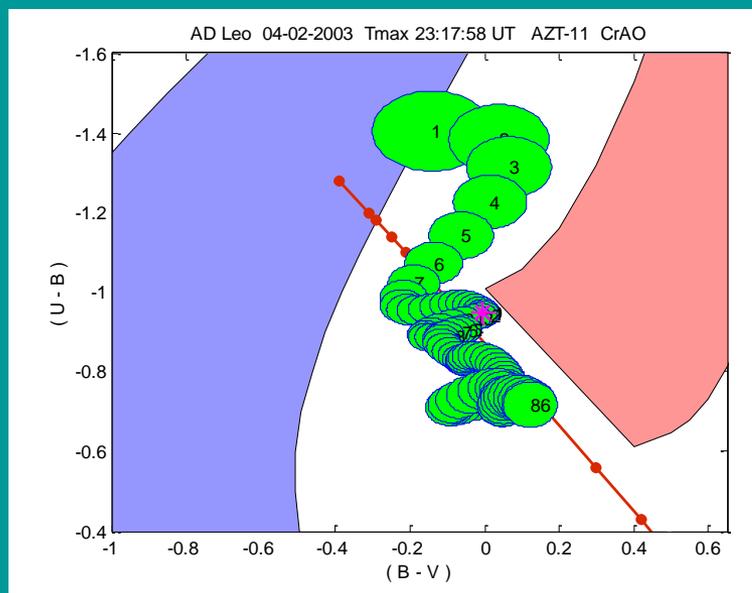
В момент возгорания вспышка излучает как водородная плазма, оптически тонкая в Бальмеровском континууме. Затем, по мере приближения к максимуму блеска вспышка выходит на прямую абсолютно чёрного тела, а на нисходящей ветви уходит в область диаграммы, соответствующую плазме, оптически толстой в Бальмеровском континууме. Интервал времени, когда вспышка излучает как абсолютно чёрное тело, даёт возможность непосредственной оценки температуры вспышечной плазмы.

Первая вспышка в области максимума на протяжении 1.5 минут излучала как абсолютно чёрное тело, температура которого менялась от 22000 К до 8000 К. Вторая вспышка в течение 3.5 минут после максимума сохраняла близкий к чёрнотельному характер излучения с эффективной температурой от 16500К до 9500К. Вместе с ранее проанализированными вспышками EV Lac 15.10.1996 и 10.10.1998 (Ловкая, Изв.КрАО (2012) т.108 №1 с.1-9), это первые оценки эволюции температурного режима вспышек красных карликов.

По найденным таким образом чёрнотельным температурам вспышек в максимумах блеска, измеренным амплитудам и известным размерам и эффективной температуре звезды были оценены площади вспышек в максимумах их блеска. Найденные параметры вспышечной плазмы в эти моменты приведены в следующей табличке:

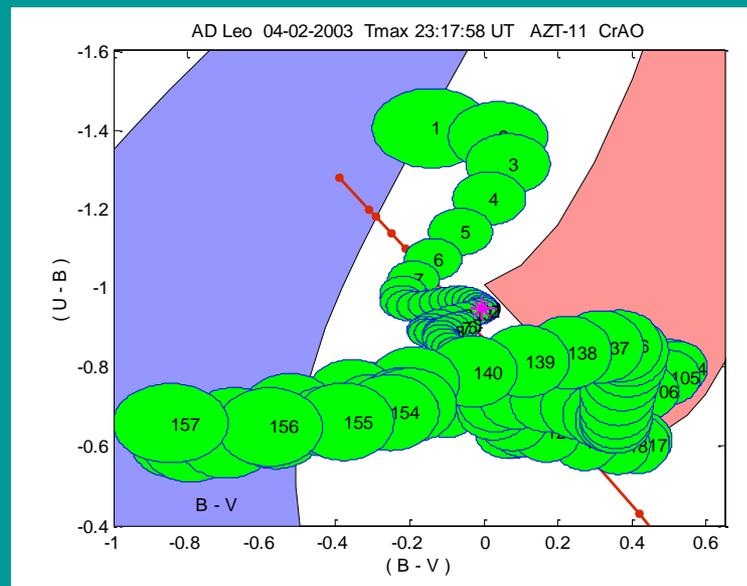
T_{\max} UT	Длитель- ность (МИН)	ΔU mag	U-B mag	B-V mag	$T_{\text{афт}}$ (К)	s (см ²)
23 ^h 17 ^m 58 ^s	5	1.65	-0.95±0.03	-0.01±0.04	14000	2.1·10 ¹⁸
23 ^h 29 ^m 41 ^s	5	~0.2			~ 14000	~ 0.1·10 ¹⁸
23 ^h 41 ^m 20 ^s	>8	1.76	-0.84±0.03	-0.03±0.04	13000	3.0·10 ¹⁸

Площади вспышек составляли $2.1 \cdot 10^{18} \text{см}^2$ и $3.0 \cdot 10^{18} \text{см}^2$ или 0.07% и 0.11% площади видимого диска звезды. Соответственно линейные размеры вспышек в предположении их круглой формы - около $1.6 \cdot 10^9 \text{см}$ и $2.0 \cdot 10^9 \text{см}$. Если считать, что термодинамика вспышек слабо зависит от их мощности и температурный режим слабой вспышки AD Leo был примерно такой же, как у сильных вспышек, то площадь этой слабой вспышки была примерно в 20 раз меньше, чем у сильных. Для сравнения напомним, что наиболее мощные вспышки на Солнце занимают около 0.1% площади солнечного диска, что составляет $1.5 \cdot 10^{19} \text{см}^2$.



Фрагмент трека первой вспышки от начала до середины нисходящей ветви. Положение максимума вспышки отмечено звездочкой. Вспышка движется вдоль линии АЧТ от 22000 К до 10000 К в течение 80 сек.

Полный трек той же вспышки. 95% эллипсы ошибок следуют с интервалом 1 сек. В полой части нисходящей ветви вспышки трек переходит в область оптически толстой, затем оптически тонкой в Бальмеровском континууме плазмы



Прецизионные исследования лучевых скоростей звезд-гигантов и сверхгигантов

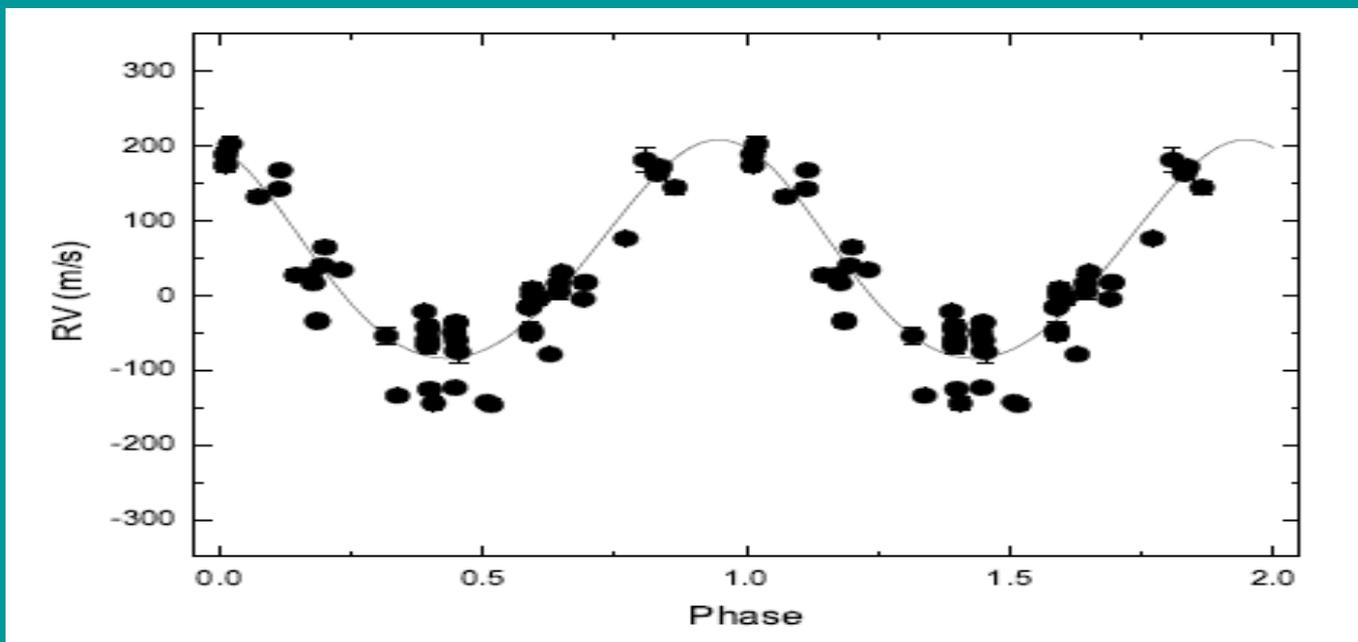
Д.Е. Мкртчян

В ходе выполнения проекта по поиску планет у ранних К гигантов и сверхгигантов были открыты:

у сверхгиганта α Per обнаружены периодические вариации лучевых скоростей с периодом 128 суток и не подтверждены ранние сообщения о более короткопериодических вариациях. Результат подтверждает предположение авторов о существовании характерных осцилляторных долгопериодических вариаций лучевых скоростей у F сверхгигантов, впервые обнаруженные авторами на фоне короткопериодических 4-дневных пульсаций у звезды F-сверхгиганта Polaris.;

у К-гиганта HD 66141 была обнаружена планета с массой в $M = 6.0 M_{\text{Jup}}$, периодом 480.5 ± 0.5 суток, полуамплитудой $K = 146.2 \pm 2.7$ м/с и удалённая на 1.2 ± 0.1 AU;

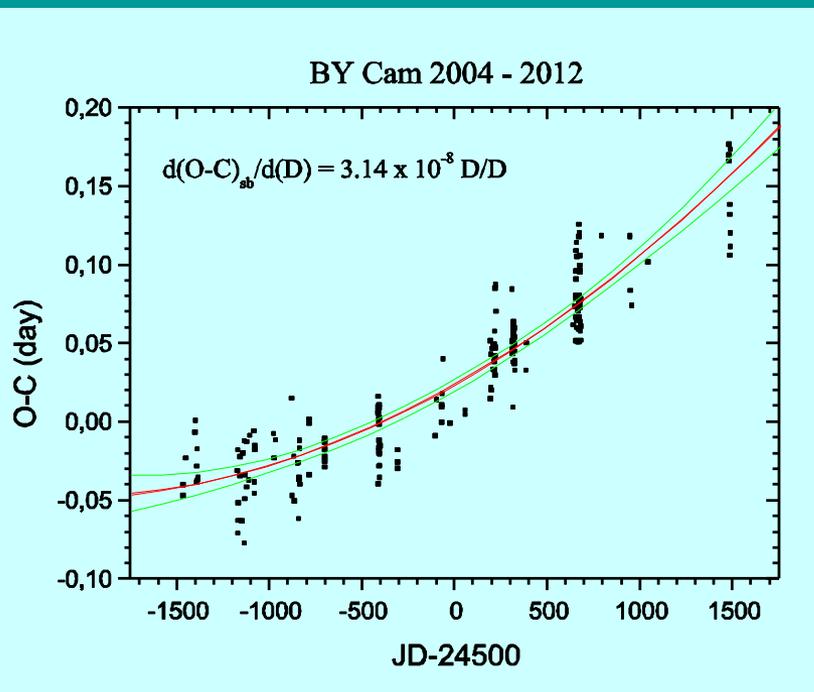
у К-гиганта ϵ CrB обнаружена планета с минимальной массой $m \sin i = 6.7 \pm 0.3 M_{\text{Jup}}$, периодом 417.9 ± 0.5 суток, полуамплитудой $K = 129.4 \pm 2.0$ м/с и удалённая на 1.3 AU.



Орбитальная кривая лучевых скоростей HD 66141

Синхронизация орбитально-осевого вращения белого карлика асинхронного поляра ВУ Сам

В течение 8 лет (2004 – 2012 гг.) в Крымской астрофизической обсерватории, обсерватории на п. Терскол (Россия) и в Апаче Поинт обсерватории (США) проведено фотометрическое исследование асинхронного поляра ВУ Сам. Анализ разностей О-С наблюдаемых моментов максимумов блеска (О) и расчетных (С), основанный на большом статистическом материале (178 ночей, 998 часов наблюдений) позволил сделать следующий вывод:



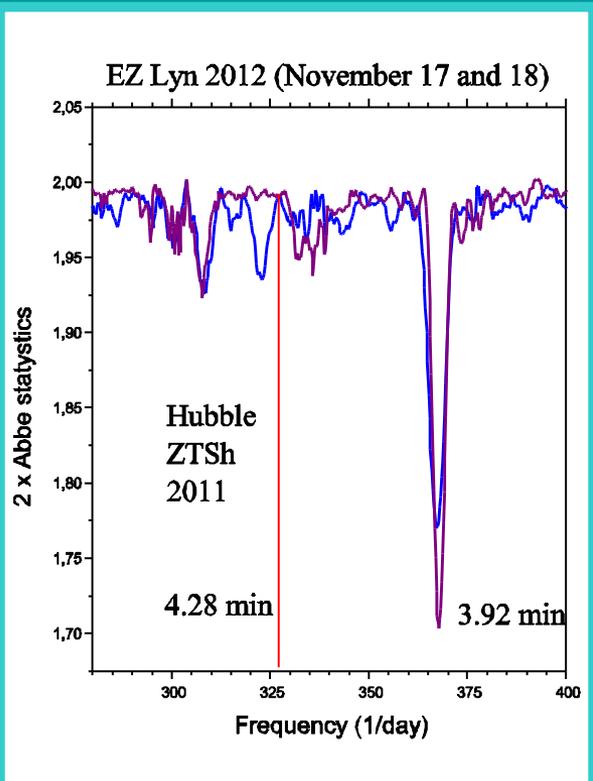
Белый карлик в системе ВУ Сам тормозится со скоростью 0.50(0.07) сек/год, что соответствует времени синхронизации орбитально-осевого вращения 250 ± 20 лет.

Эта оценка хорошо согласуется со временем синхронизации другого асинхронного поляра – V1500 Суг 150 – 290 лет, полученным независимо Шмидтом и Стокманом, Павленко и Пельтом в 1991 г.

*Е.П. Павленко, М.В. Андреев (Терскол),
В.П. Маланушенко (Апаче Поинт)*

Пульсации белого карлика в тесной двойной системе EZ Lyn

Продолжались исследования пульсаций белого карлика в тесной двойной системе EZ Lyn по наблюдениям 2006—2012 г. Эти пульсации впервые были обнаружены в КрАО на ЗТШ, нами же исследовалась их эволюция и было показано, что белый карлик дважды входил в полосу нестабильности: один раз через 8 месяцев после вспышки 2006 г., прекратив пульсировать через два г., а второй раз – через 7 месяцев после вспышки 2010 г. Но если первый раз белый карлик пульсировал с периодом 12.6 минут, то второй раз – с периодом 4.28 мин.



Мы обнаружили дрейф 12.6-мин.пульсаций в пределах 36 с в течение 2-х лет их существования в сторону уменьшения периода. Наблюдения, полученные в ноябре 2012 г. (через полтора г. после появления 4.28-мин. пульсаций) показали, что пульсации продолжают существовать, но их период сократился до 3.92 мин. Эти результаты противоречат эмпирической зависимости, полученной для одиночных пульсирующих белых карликов, где период пульсаций увеличивается по мере их остывания. Очевидно, что аккреционные события влияют на пульсации и это влияние в настоящее время не изучено. Наши работы вызвали большой интерес американских коллег и наблюдения EZ Lyn в конце прошлого г. были проведены на телескопе Хаббл в ультрафиолете. Они подтвердили существование пульсаций с периодом 4.28 мин. и отсутствие – с периодом 12.6 мин. (Павленко, Сосновский)

Спектральная переменность Новой V2468 Cyg на разных этапах развития вспышки

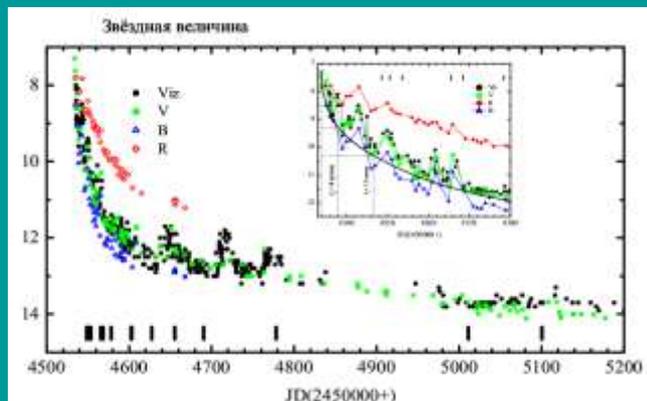


Рис. 1. Кривая блеска V2468 Cyg в 2008-2009 годах.

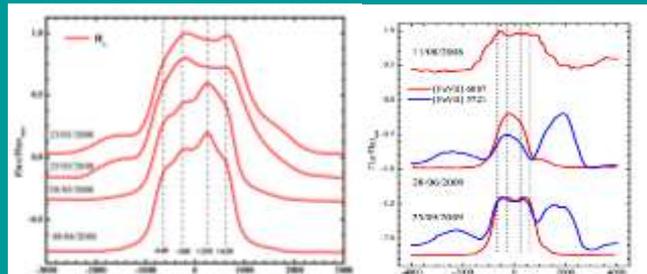


Рис. 2. Переменность профиля линии Ni после поярчения 28.03.2008

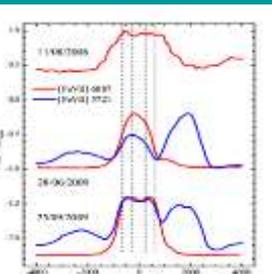


Рис. 3. Переменность профилей линий [FeVII] 6086, 5721 Å.

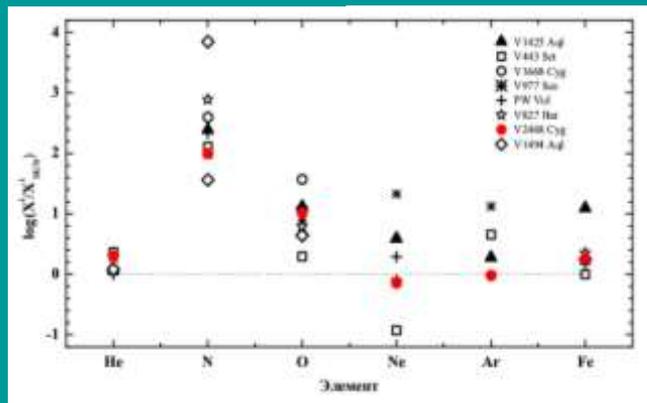


Рис. 4. Содержание химических элементов у V2468 Cyg и у некоторых новых с CO белым карликом относительно солнечного.

1. Исследованы фотометрические и спектральные наблюдения новой V2468Cyg на протяжении полутора лет от начала вспышки на фазах плавного падения блеска и во время поярчений (рис.1). V2468 Cyg была классифицирована как очень быстрая новая. Оценен абсолютный блеск новой в максимуме, равный $M=-8.9$ и определено расстояние до новой, равное 5.3 кпс. Получена масса белого карлика, равная 1.1 M_{\odot} .

2. Обнаружено, что профили спектральных линий Ni на спектрах, полученных во время быстрого падения блеска во время поярчений 23.03. и 25.03.2008 имели двухкомпонентную структуру с пиками на скоростях -220 км/сек и +670 км/сек, а после поярчения 28.03.2008 г. структура профилей линий Ni изменилась на четырёхкомпонентную с пиками на скоростях -640, -260, +255, +620 км/сек. (Рис.2).

Профиль линии [FeVII] 6086 Å изменялся не только по форме и интенсивности, но и по ширине, и отличался от профилей других линий в небулярной фазе (Рис.3).

3. Проведена оценка химического состава оболочки, показавшая а повышенное содержание азота и кислорода, по сравне-нию с солнечным (Рис.4). Была оценена масса сброшенной оболочки, которая равна $M_{env} = 5 \times 10^{-5} M_{Sun}$.
(Т.Н.Тарасова)