

Fig. 4. A pseudo-true-color picture based on the combined F547M and F467M images.

Желтый квартет в Галактике

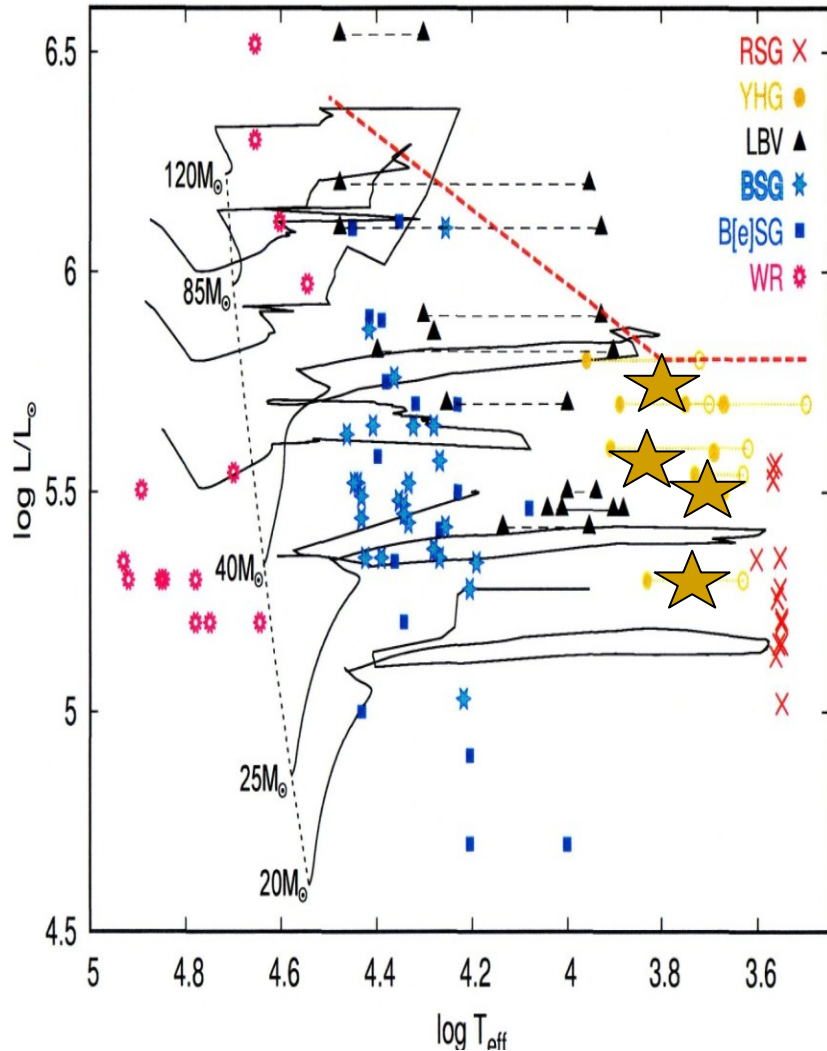
В.Г. Ключкова

Специальная астрофизическая обсерватория РАН



Нестационарные гипер- и сверхгиганты на Г-Р диаграмме

O → BSG → RSG → WNE → SN (Ib, IIb) (Meynet et al. 2011)



Ключевые слова:

Массивные звезды

$M_{\text{init}} > 20 M_{\odot}$

на быстром переходе ($\sim 10^3$
 $\div 10^4$ лет) от RSG к WR,
LBV.

класс светимости Ia⁺
состояние предсверхновой

Желтый войд,
предельная светимость,
ветер, пульсации,

оптические спектры,
химический состав,

структурированная
околосредная среда, диски

переменность скоростей в
атмосфере и оболочке

Проявления эволюции

Темп потери вещества 10^{-2}
 $10^{-5} M_{\odot}$ в год

Солнечная металличность

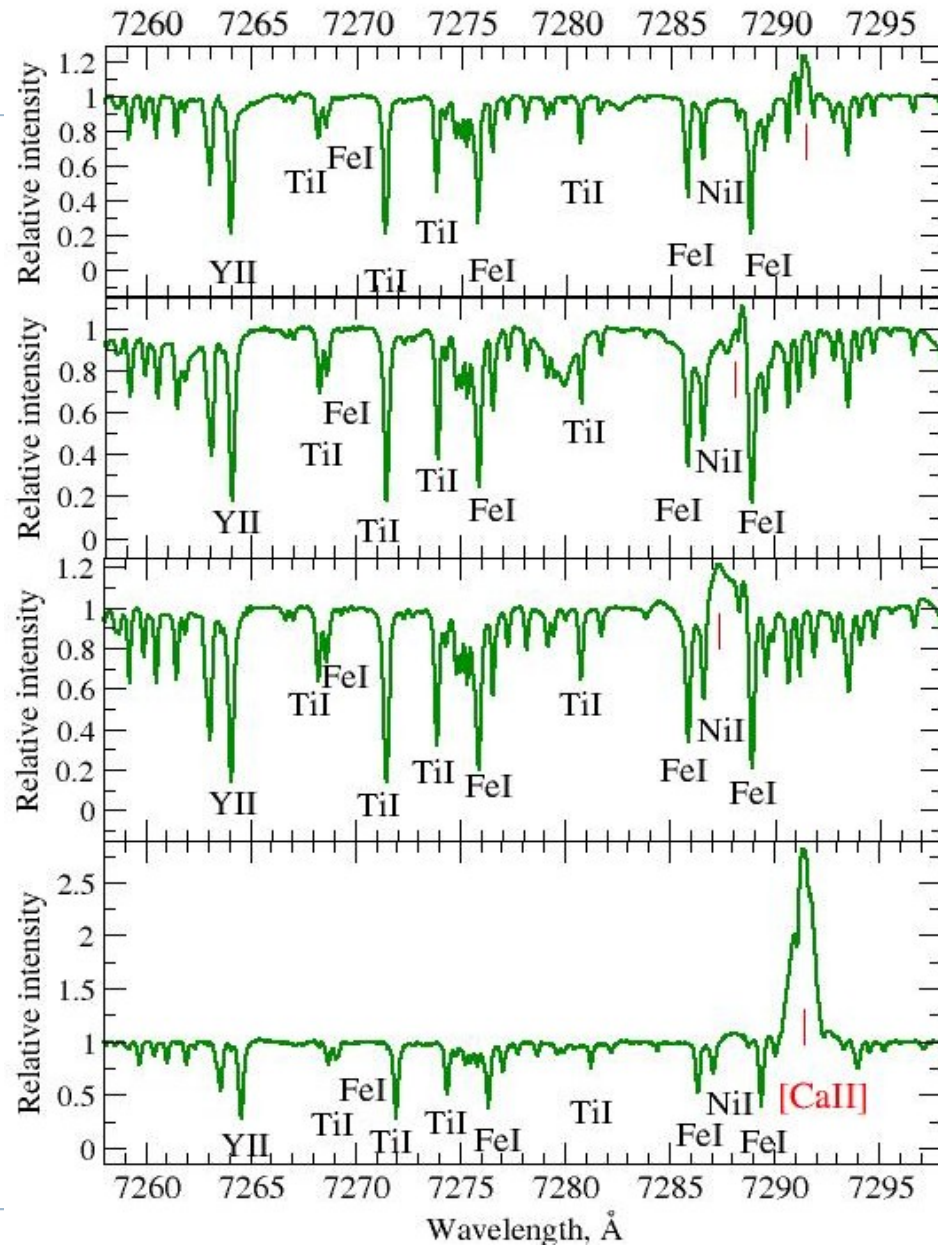
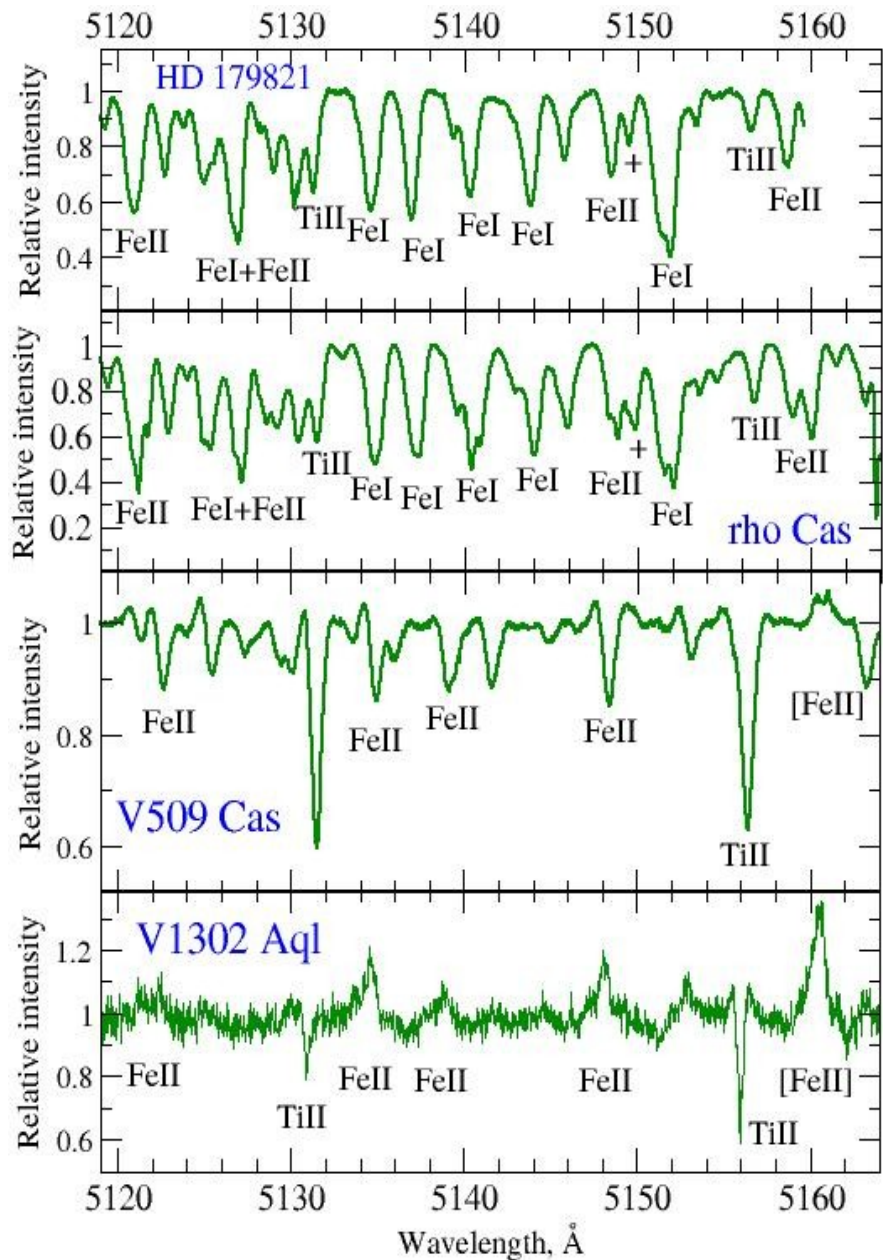
Избыток азота до +1 dex

В оптических спектрах
YHGs преобладают
эмиссии и абсорбции
ионов FeII, TiII, ScII, CrII,
эмиссии FeI и абсорбции
NI, OI и SiII.

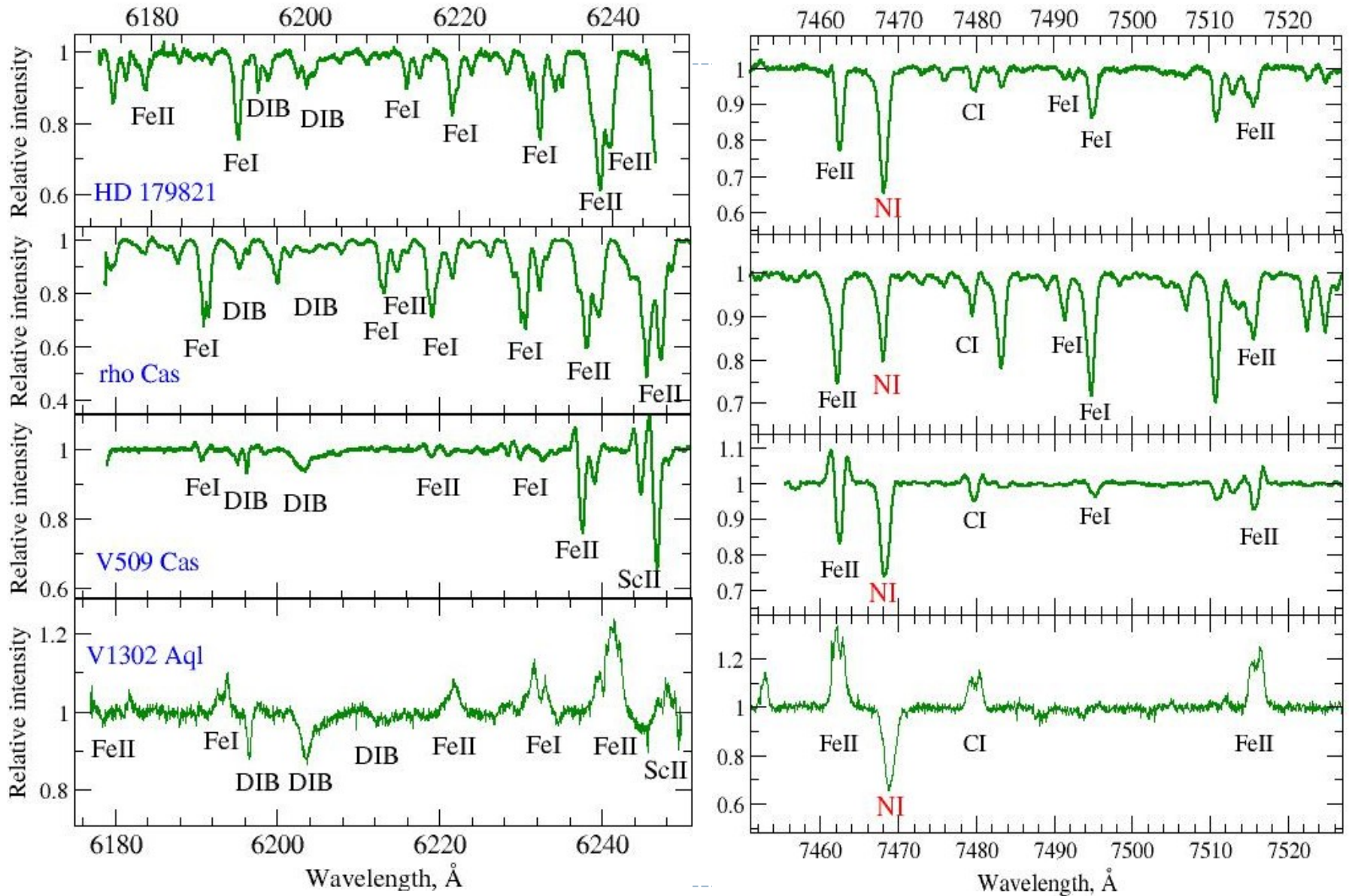
Запрещенные эмиссии
[FeII], [CaII] и [OI].
[NII] → V509 Cas

Профили линий ионов
металлов разнообразны:
от симметричных
эмиссий, до обратных
профилей типа PCyg и
абсорбционных профилей
с эмиссионными
компонентами.

Основные особенности спектров



Основные особенности спектров



Сравнение параметров 2-х YNGs

	V1302Aql	ρ Cas –
Sp	F8-G2 Ia ⁺ → A Ia ⁺ (за 30 лет)	K Ia (1930) → G2 Iae (1995)
B, V	14.0 ^m , 11.7 ^m	5.7 ^m , 4.5 ^m
Log(L/L_o)	5.7	5.6
T_{eff}, lg g, ξ_t	8500 K, 1.0, 12 км/с	6000 K, 0.4, 12 км/с
\dot{M}, M_o/year	10^{-3.3}	10^{-4.8} → 5 · 10^{-2.0}
Chemistry	[Fe/H]= solar, [N/C]=+0.5 (Klochkova et al. 1997)	[Fe/H]= solar, Na & N excess (Боярчук, Любимков, 1983; Takeda et al. 1994)
Circumstellar structure	A_v=7^m, IR-excess, dust+ gas masers OH 1612MHz, CO, SiO	No IR-excess, no dust, CO → shell T ≈ 1500 K
	Диск ? Две оболочки, дуги, пятна (HST, Tiffany et al. 2010; IR-interferometry, de Wit et al. 2008; BTA K-band speckle, Blocker et al.1999)	
V_{exp}	≈ 40 km/c	≈ 25 km/c
Distance	5 ÷ 7 kpc	3.1±0.5 kpc

Параметры YNGs

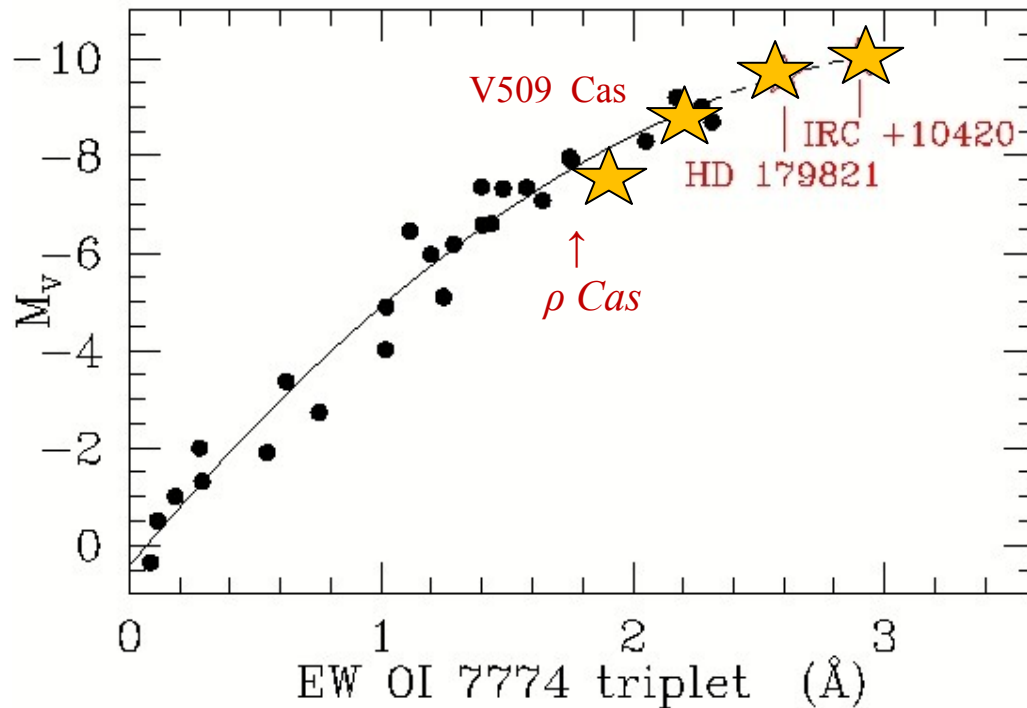
по данным спектроскопии на БТА + НЭС

Звезда IRAS	V1427 Aql 19114+0002	ρ Cas 23518+5713	V509 Cas 22579+5640	V1302 Aql 19244+1115
M_v	-8.9^m	-8.0^m	-8.8^m	$\leq -9.5^m$
$\lg L/L_{\odot}$	5.47	5.11	5.43	5.71
Амплитуда пульсаций	11 км/с	≥ 10 км/с	9 км/с	7 км/с
Истечение	≈ 11 км/с	13 ÷ 23 км/с	33 ÷ 40 км/с	≈ 40 км/с
Микротурбулентность	6.6 км/с	12 км/с	11 км/с	12 км/с
Эмиссионные детали				
Na	в крыльях, var	в крыльях, var	+ var	+ var
[Fe]	–	–	+	+
[CaII]	+	var	+	+
[NII]	–	–	+	–



Желтый гипергигант V1302 Aql = IRC+10420

основные параметры

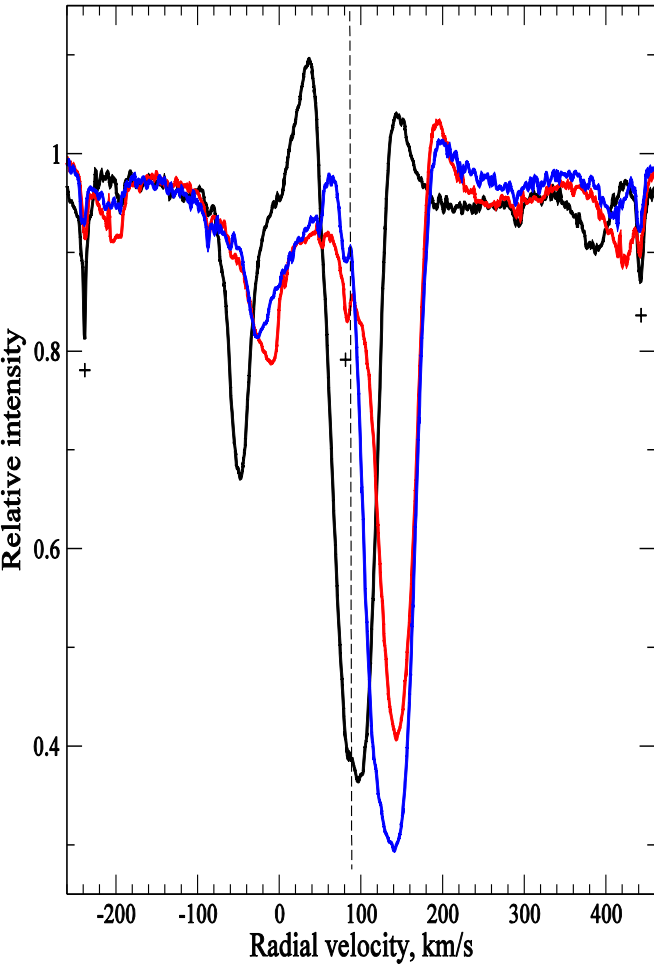


Светимость по спектральным критериям (OI 7774 Å) и кинематике $L \approx 5 \cdot 10^5 L_{\odot}$, $M_{\text{bol}} = -9.5 \pm 0.4^m$,
 $M \approx 20 \div 40 M_{\odot}$ $\dot{M} \approx 10^{-4} M_{\odot}$
 $A_V = 7^m$, $d > 5$ кпк
 5000 лет назад $\dot{M} \approx 10^{-3} M_{\odot}$
 масса оболочки около $5 M_{\odot}$

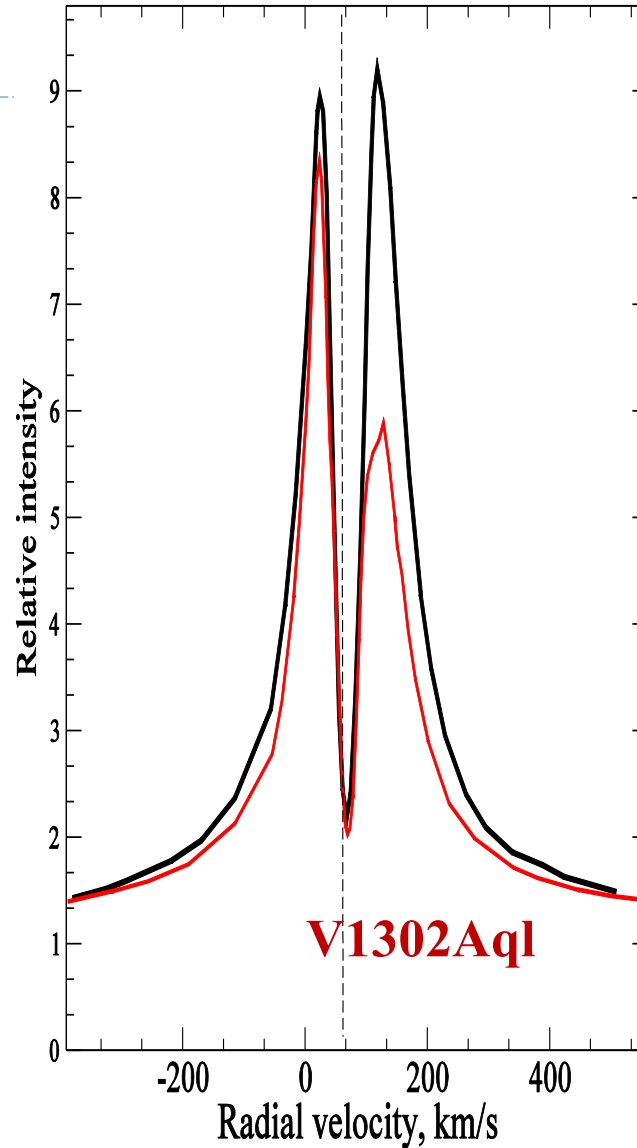
Рост T_{eff}

Год	T_{eff} , К	ΔT_{eff} /год	
1892	≈ 2500		
1925	3500	≈ 50 К/год	
1972	6000	≈ 90 К/год	Humphreys et al., 1993,
1995	8500		Klochkova et al, 1997
2000	9200	≈ 120 К/год	Клочкова и др., 2002

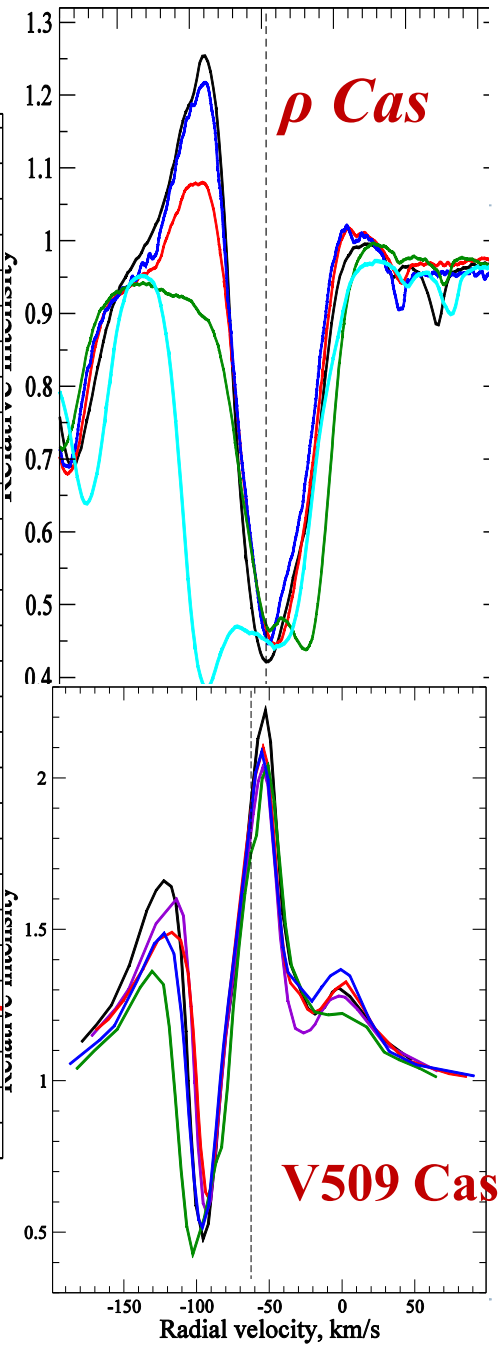
Особенности и переменность профиля Na



V1427 Aql



V1302 Aql

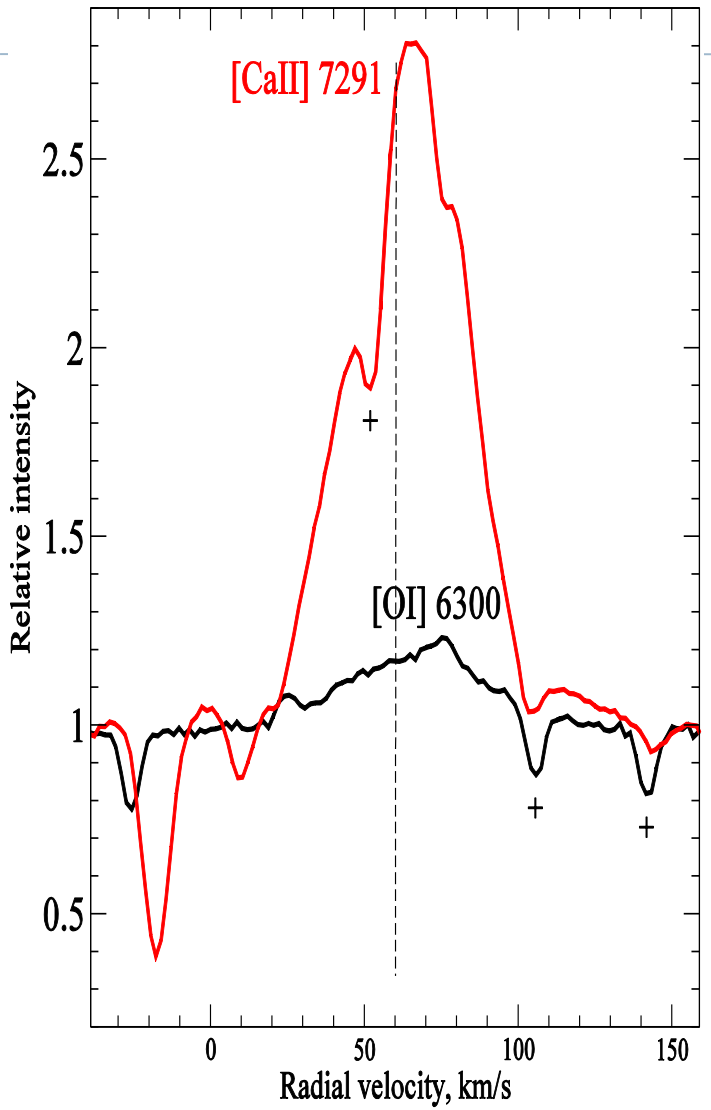
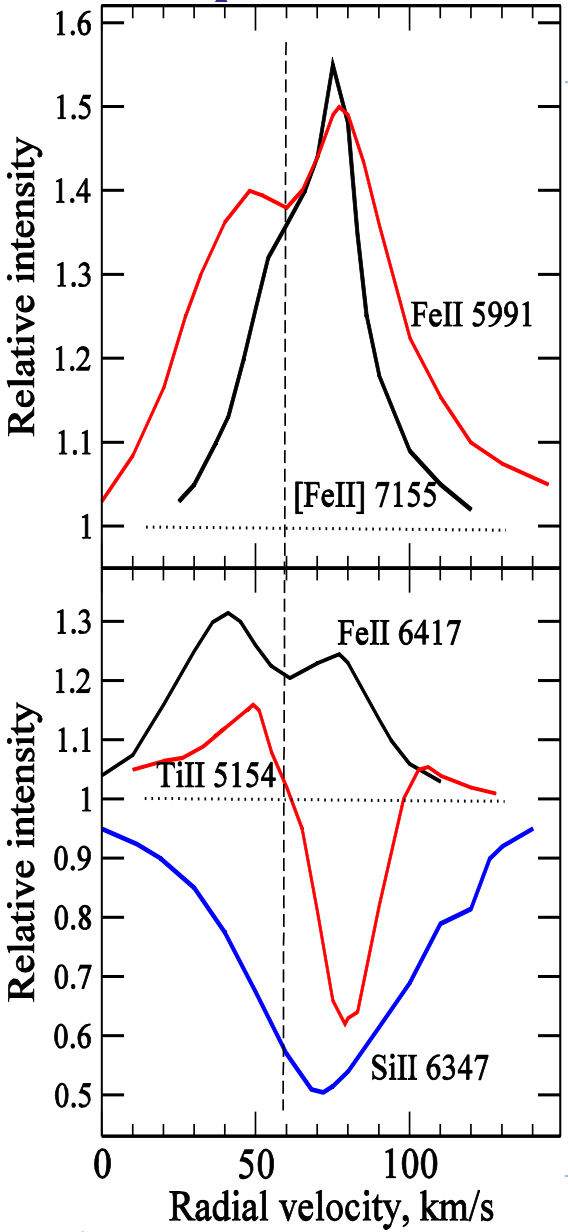


ρ Cas

V509 Cas

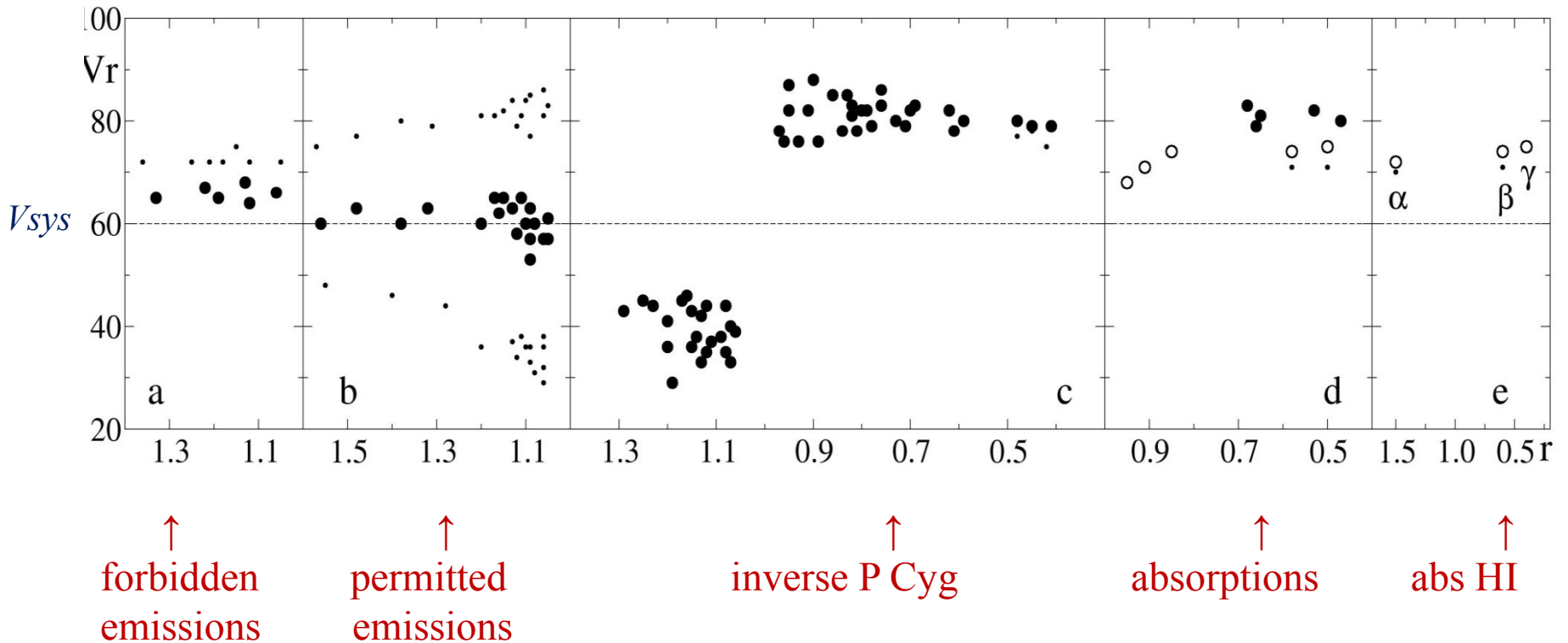


Спектроскопия V1302 Aql (IRC+10420) на БТА



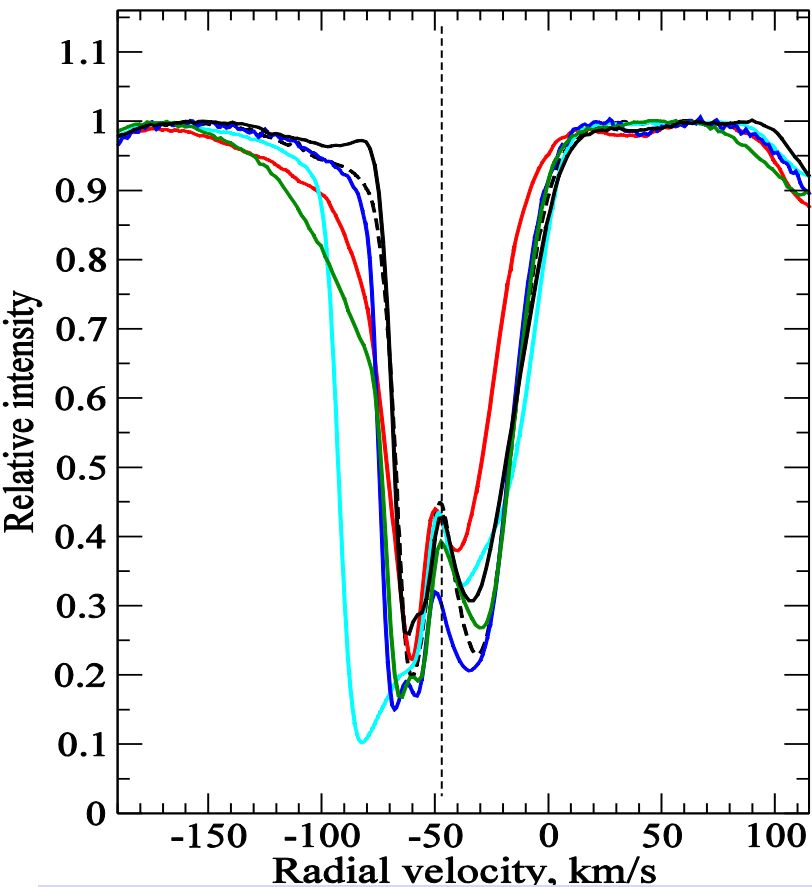
- До 1970 г. F-сверхгигант Ia спектр без эмиссий,
- в 1986 опубликован спектр с эмиссией H α
- с 1996 почти эмиссионный спектр
- запрещенные и разрешенные линии FeII, [FeII], YII и др.
- Крылья H α $\approx \pm 1000$ km/s
- [CaII] – диск!
- мазер OH, до этого наиболее горячие мазеры связывались со звездами M3

V1302 Aql: картина скоростей в протяженной атмосфере по различным спектральным деталям



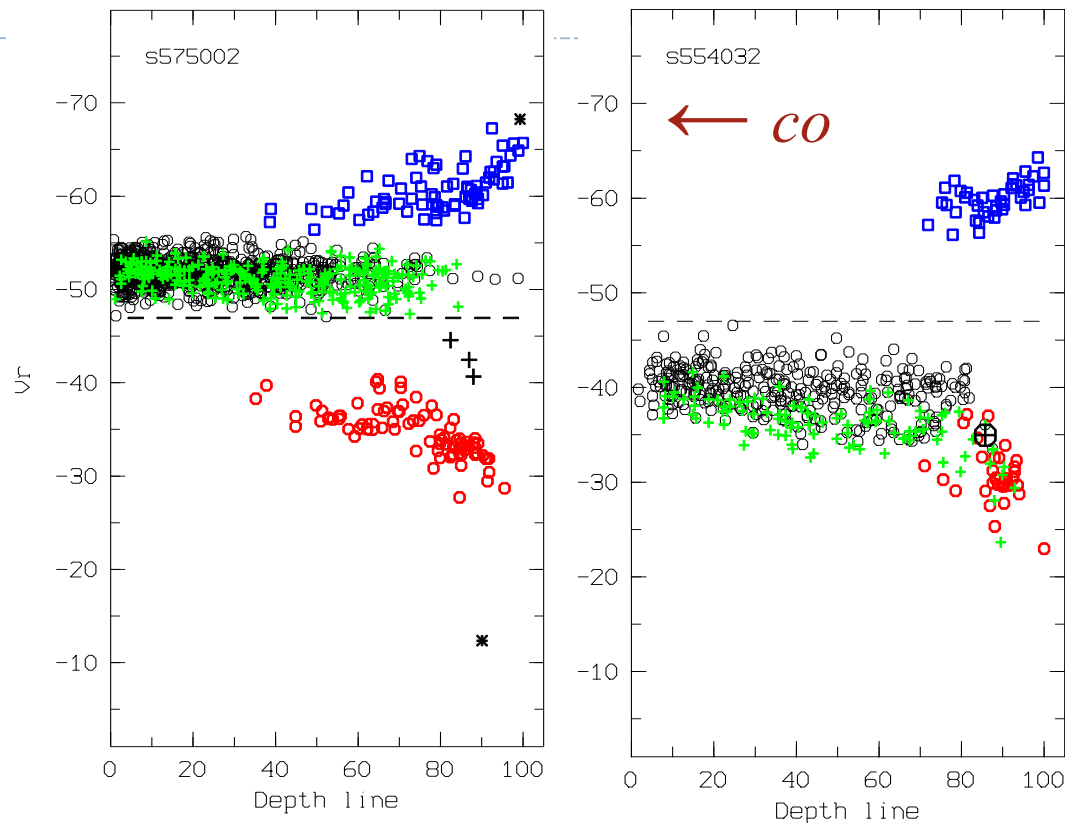
Нестабильная атмосфера ρ Cas

Переменность профиля $\text{Ba II } 6141 \text{ \AA}$



- Черная линия – спокойное состояние
- красная – начало выброса 2013 г
- циан – после выброса 2013
- синяя и зеленая – вблизи минимума 2017 г.
- **расслоение оболочки после выброса 2017 г !!!**

Стратификация и переменность V_r



- симметричные абсорptions
- красные компоненты
- синие компоненты
- * $\text{D}_{2,1} \text{ NaI}$ + абсорptions HI
- + ионы металлов

Выводы и результаты

- Обобщены результаты многолетнего спектрального мониторинга с разрешением $R \geq 60000$ желтых гипергигантов (YNGs) северной полусферы. В спектрах этих F–G звезд предельной светимости, компактно расположенных в верхней части диаграмме Герцшпрунга-Рессела, выявлено разнообразие спектральных особенностей: различные типы профиля H α , наличие (или отсутствие) запрещенных и разрешенных эмиссий, а также оболочечных компонентов.
- Изучена переменность спектральных деталей различной природы формирующихся на разных уровнях протяженной истекающей атмосферы.
- На основе однородных спектральных данных определены абсолютная светимость, скорость расширения околозвездных оболочек.
- Выявлена переменность пульсационного типа, определена амплитуда пульсаций.
- Доказана достоверность статуса YNG для V1427 Aql.
- Зафиксированы проявления значительной динамической нестабильности верхних слоев атмосферы ρ Cas и расслоение ее газовой оболочки после выброса 2017 г.;
- Доказано отсутствие компаньона в системе гипергиганта V509 Cas.
- Сделан вывод о приближении гипергиганта V1302 Aql к низкотемпературной границе Желтого Войда.

См детали и ссылки: V.G. Klochkova. Astrophysical Bulletin, 2019, v.74, No.4.

