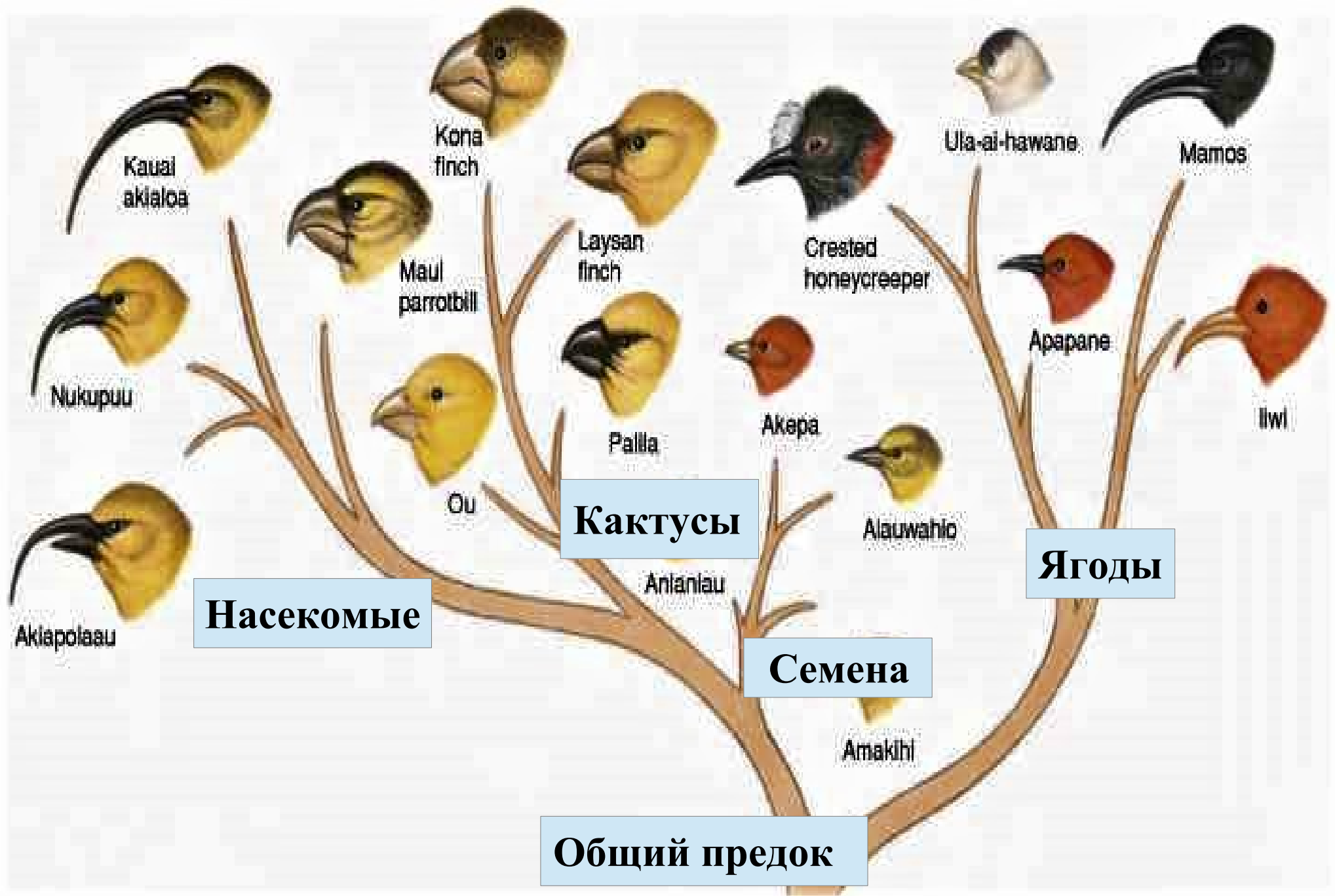


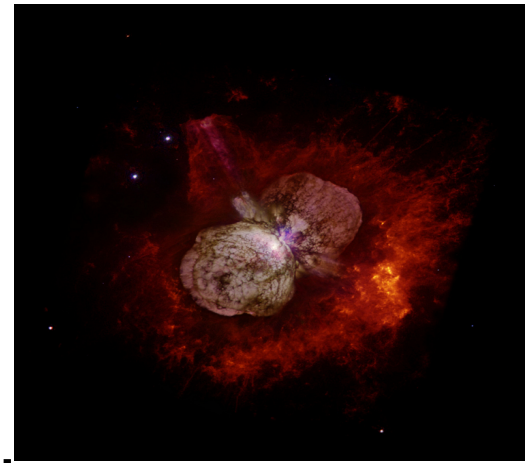
Массивные звезды в галактиках М31 и М33. Разнообразие видов.

Шолухова О., Фабрика С., Саркисян А., Валеев А. (САО РАН),
Бизяев Д. (Апачи Поинт Обсерватория), Недялков П., Валчева А.
(Софийский Университет).

Дарвиновские вьюрки



Свойства LBV



- **Высокие светимости (большие массы)**

$$M < -8 / -10 \text{ mag}$$

- **Большая «историческая» переменность**

“гигантские взрывы” и “переменность типа S Dor”

Редкие гигантские вспышки амплитудой $> 2.5^m$ (переменные типа eta Car).
Масштабы времени – сотни-тысячи лет.

Более частые вспышки амплитудой от 0.1^m до 2.5^m (переменные типа S Dor).
Масштабы времени – от нескольких лет до десятилетий.

- **Постоянная светимость, $\sigma T^4 4\pi R^2 = \text{const}$**

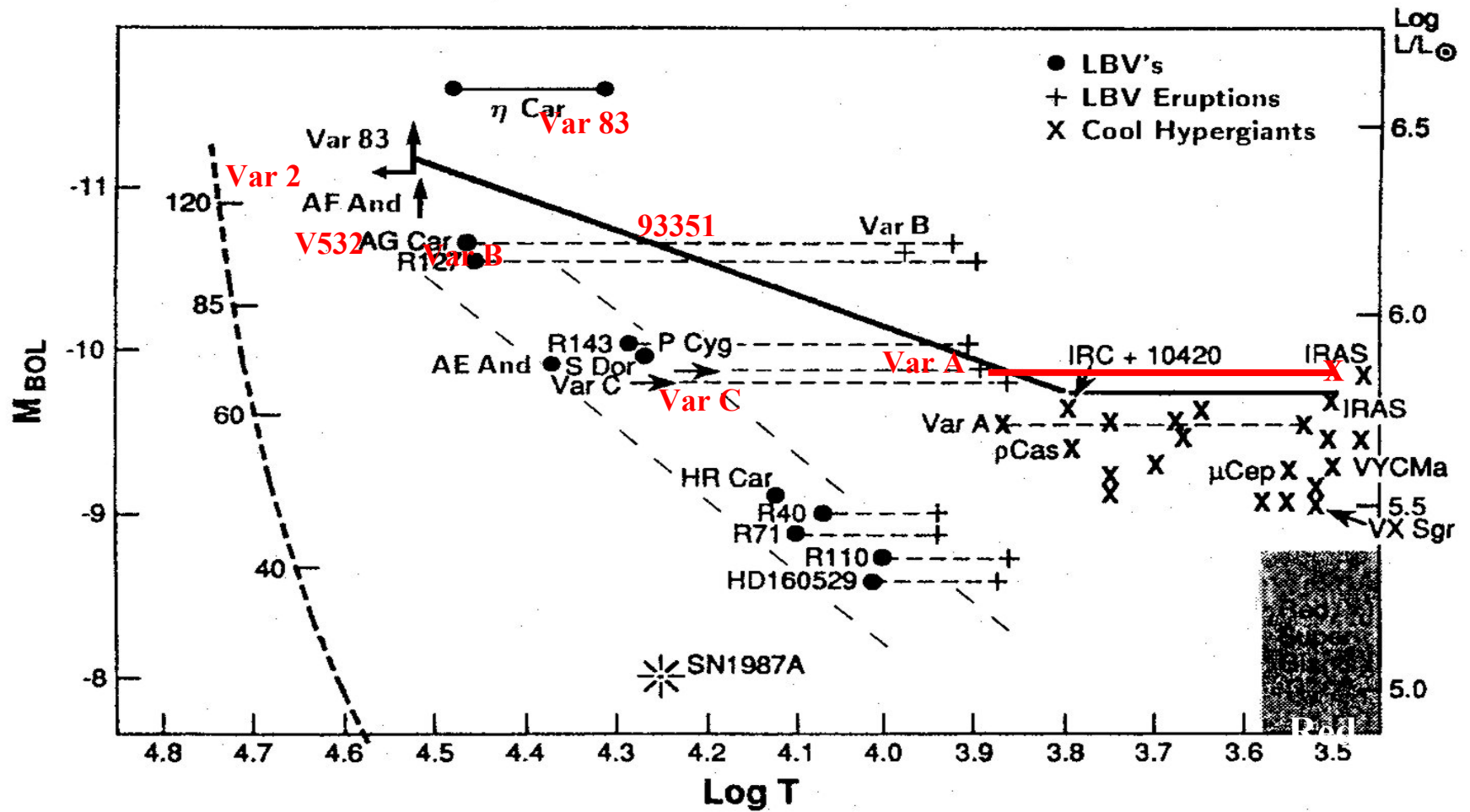
от спектра A -F (8000 -10000K) в “ярком состоянии”

до спектров O-B или WNLh-звезд (20000 - 50000K) в “слабом состоянии”

- **Туманности, IR избытки?**

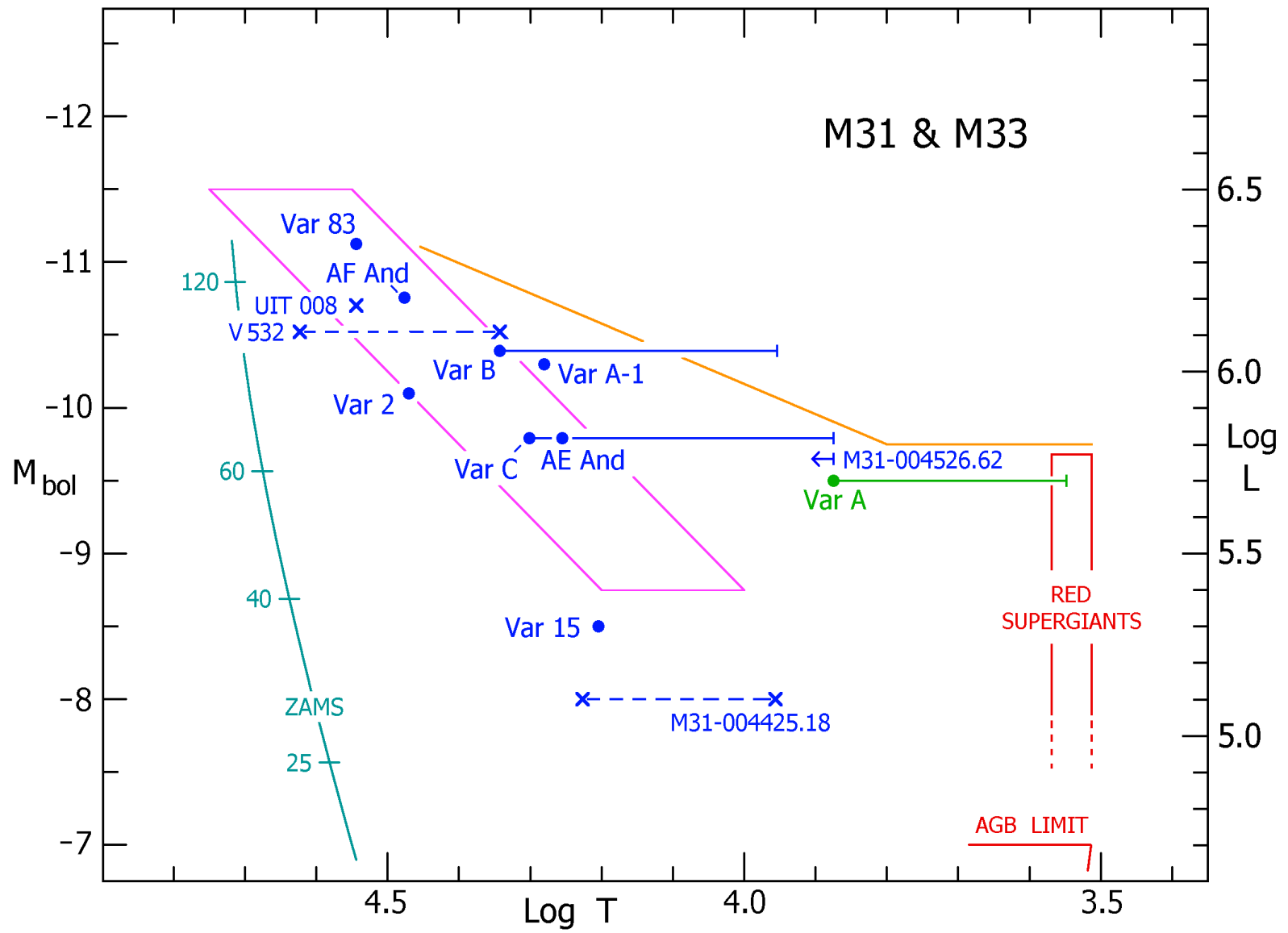
Начальные массы: $M > 40 M_{\odot}$ переходит в WN и SN. Менее яркие LBVs (M_{bol} от -8^m до -9.5^m) с массами $25 M_{\odot} < M < 40 M_{\odot}$ могут стать красными сверхгигантами.

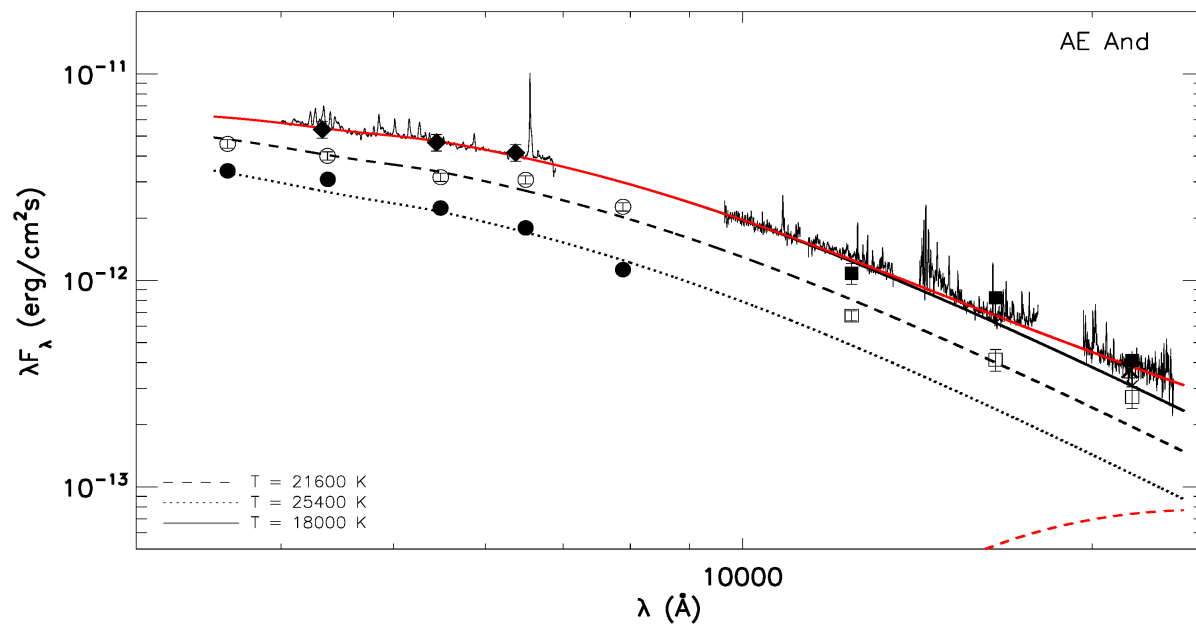
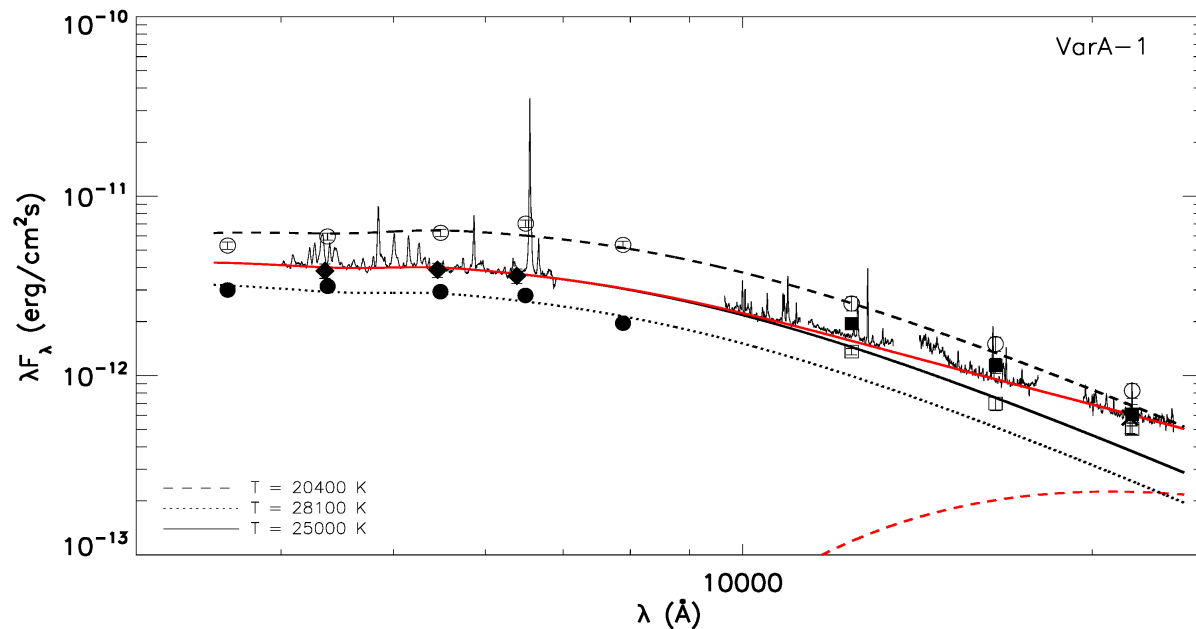
LBV на диаграмме ГР



ГР-диаграмма для MW, M31, M33 из работы Humphreys et al. 1994

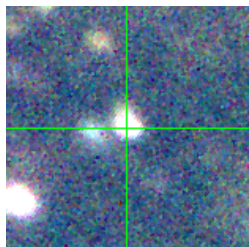
LBV на диаграмме ГР





Спектральные распределения энергии известных LBV (AE And, Var A-1). Ромбы - фотометрия BVR, полученная одновременно со спектрами. Показаны разные состояния LBV-звезд. Все SED, включая пыль, аппроксимированы чернотельным излучением.

J004526

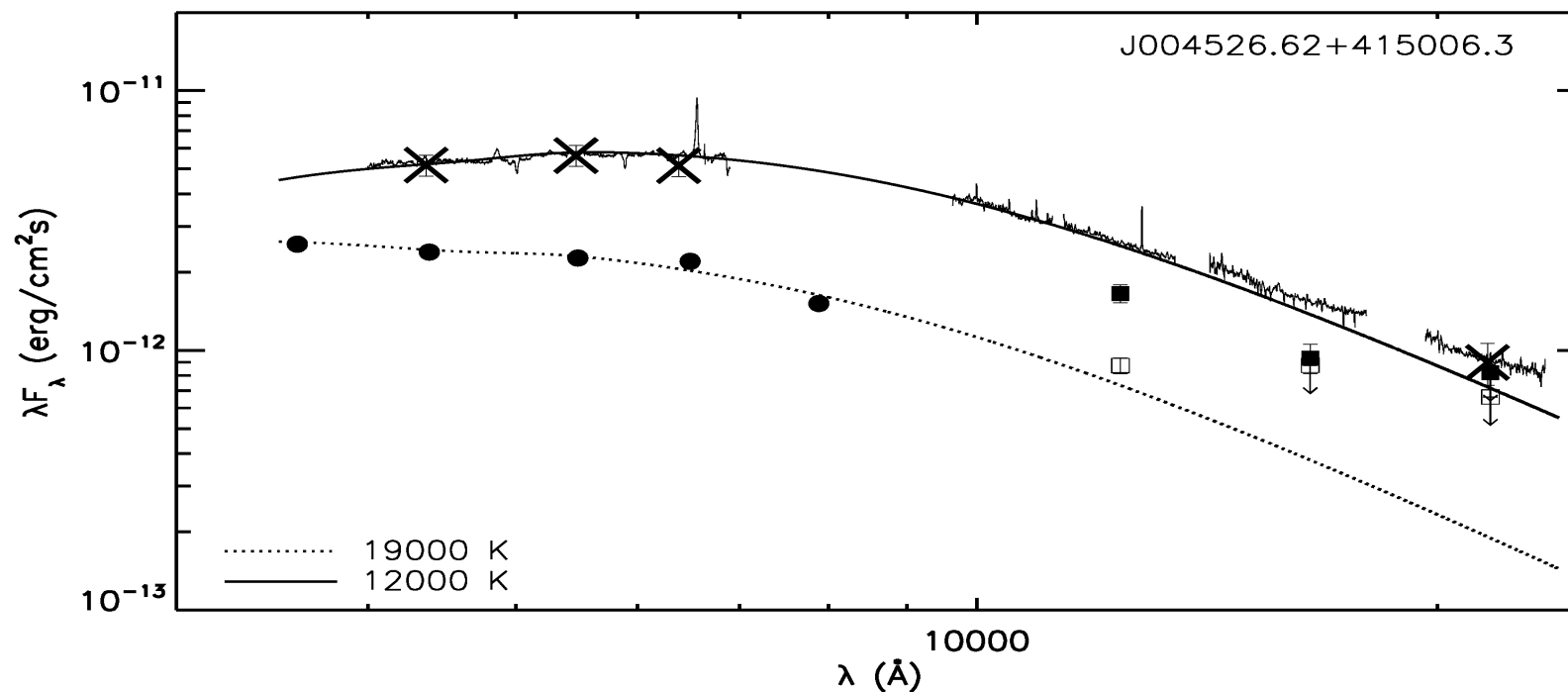
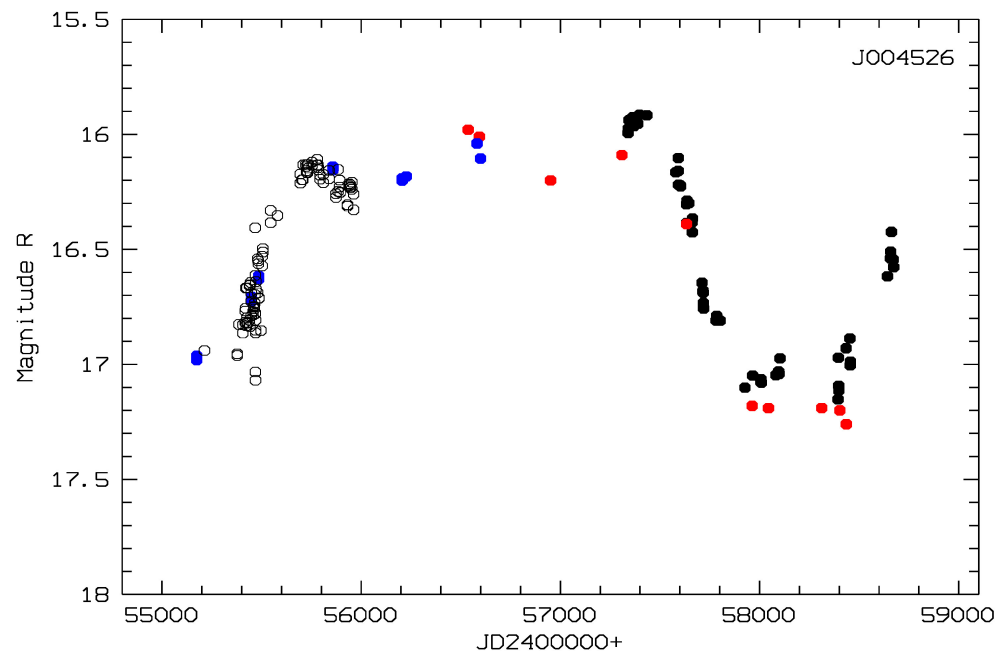


○ – Palomar Transient Factory

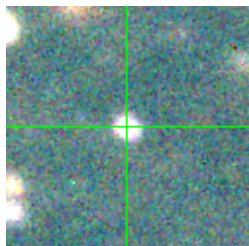
● – Martin et al., 2017

● – NAO Rozhen telescope

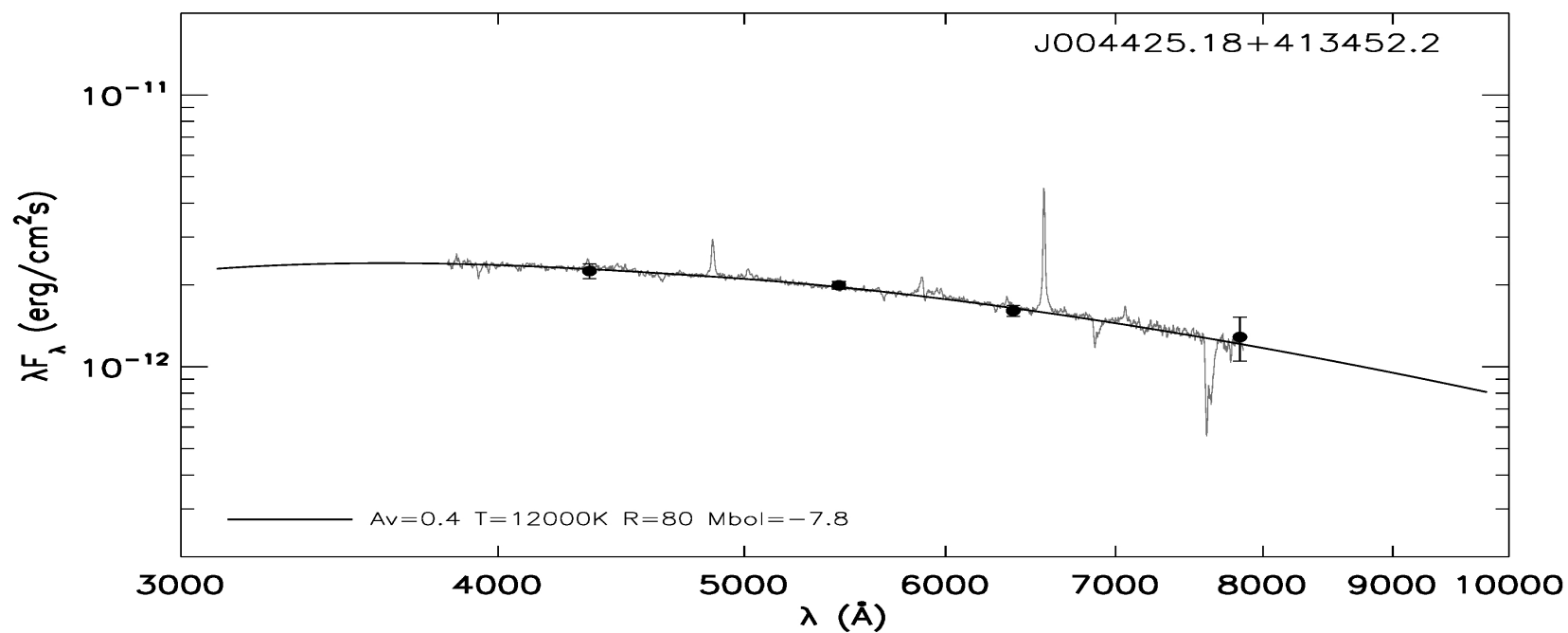
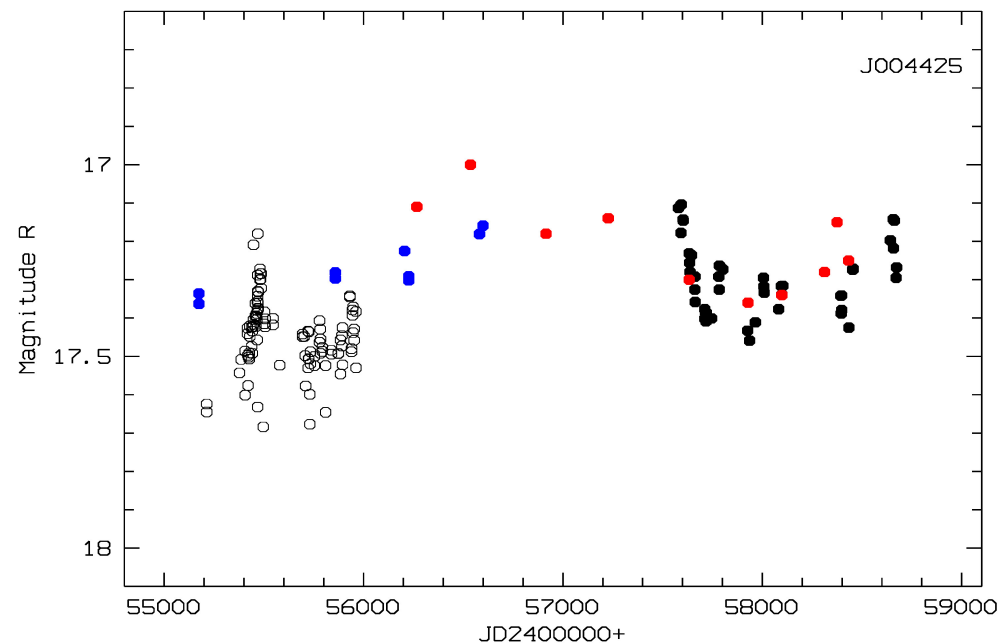
● – Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System)



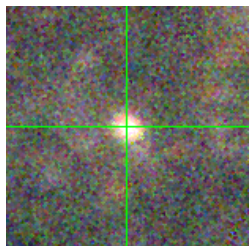
J004425



- – Palomar Transient Factory
- – Martin et al., 2017
- – NAO Rozhen telescope
- – Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System)



J004341

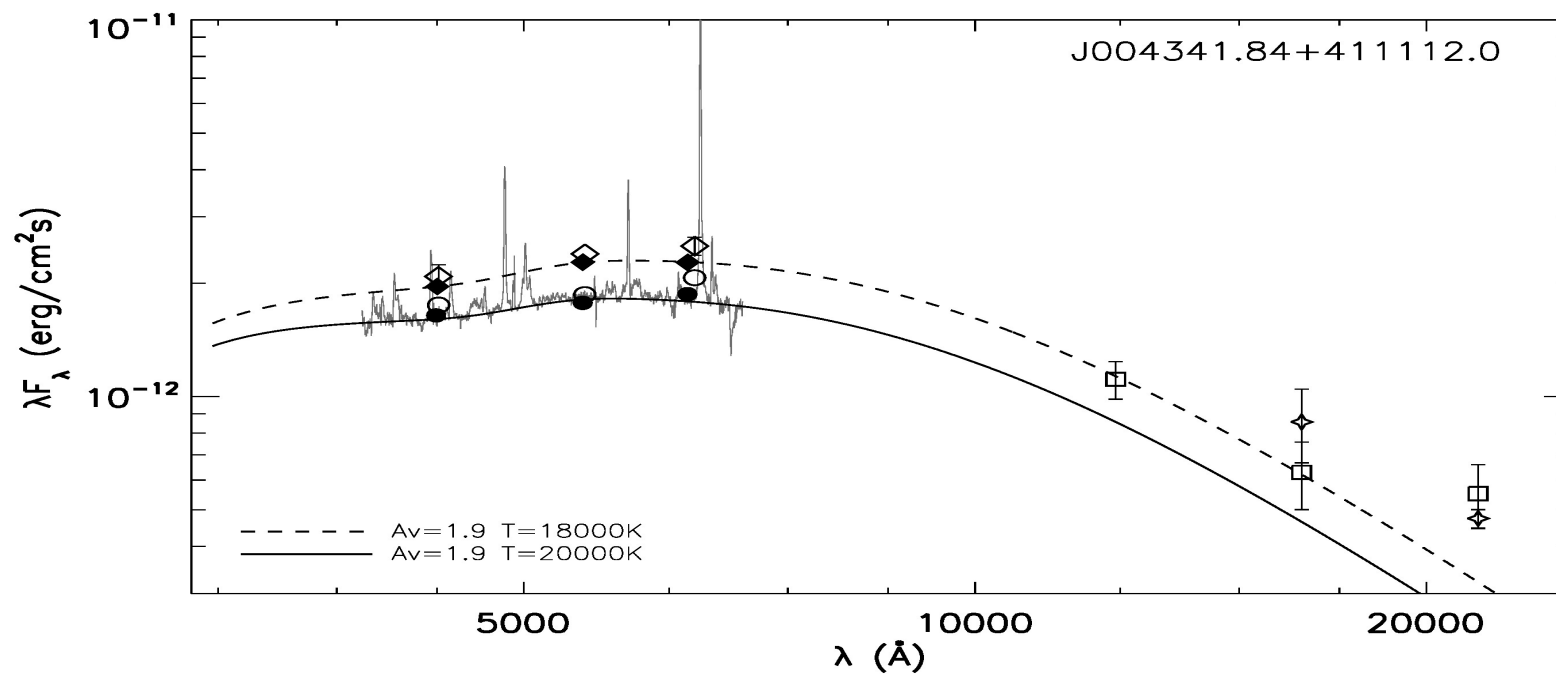
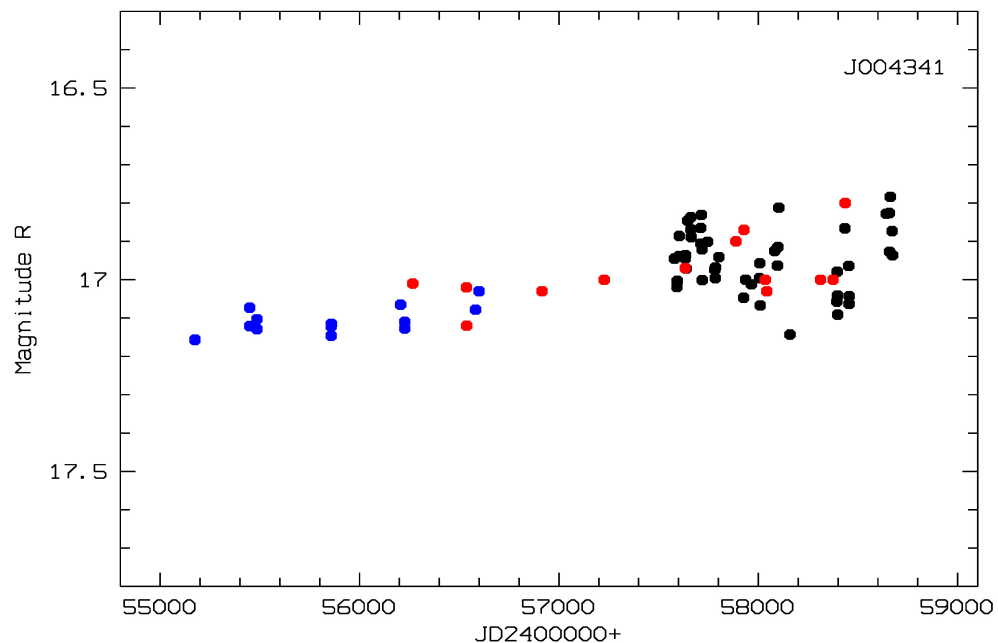


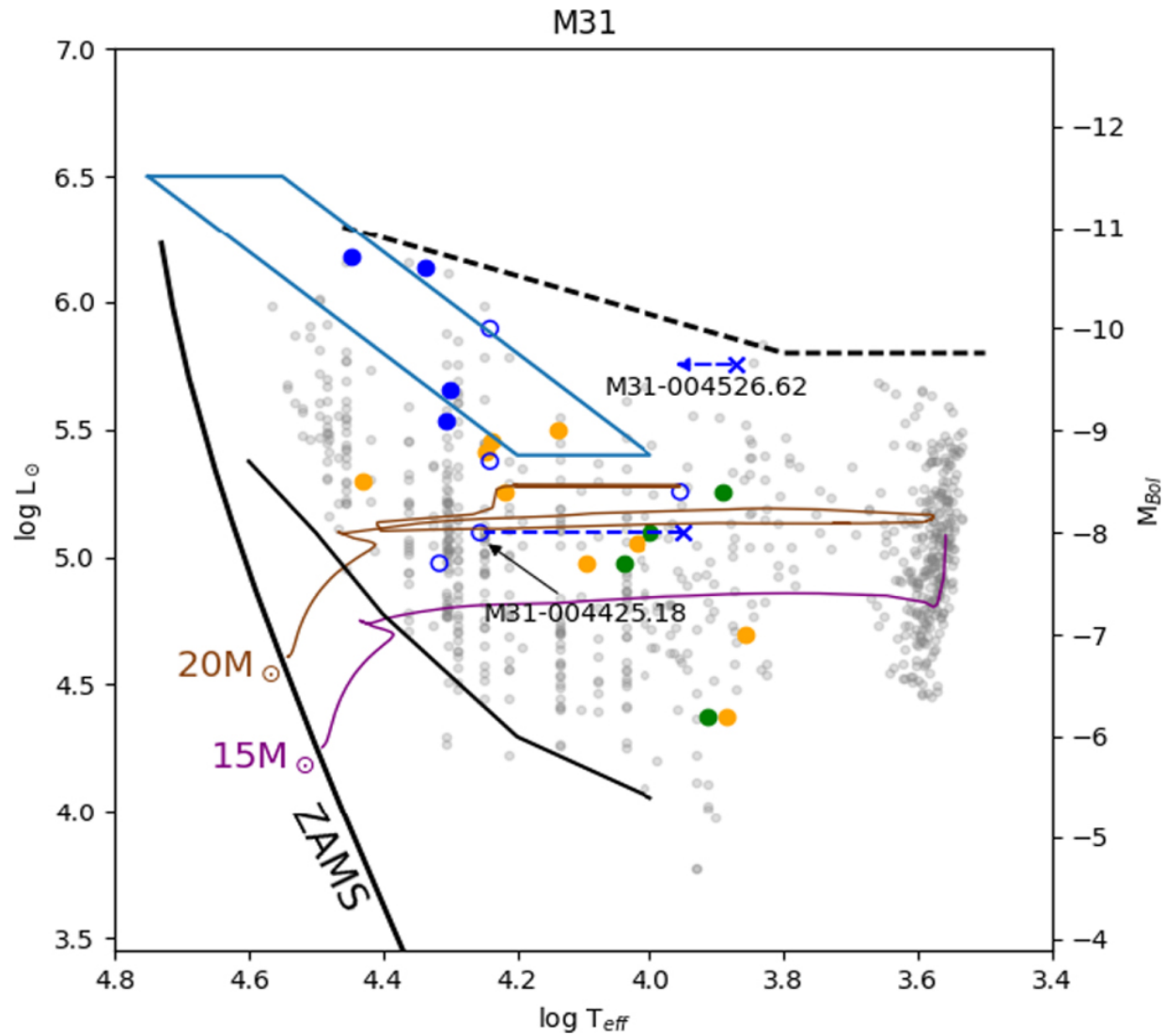
○ – Palomar Transient Factory

● – Martin et al., 2017

● – NAO Rozhen telescope

● – Pan-STARRS (Panoramic Survey Telescope and Rapid Response System)



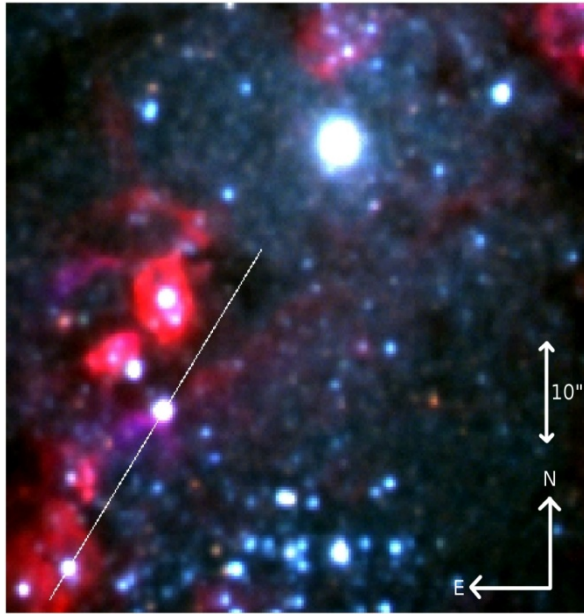


ГР-диаграмма для M33 из работы Humphreys et al. 2019

Синие заполненные кружки — LBV, открытые — LBV-кандидаты

Желтые — B[e]-сверхгиганты, Зеленые — Теплые гипергиганты

Эволюционные треки из работы Ekstrom et al. 2012.



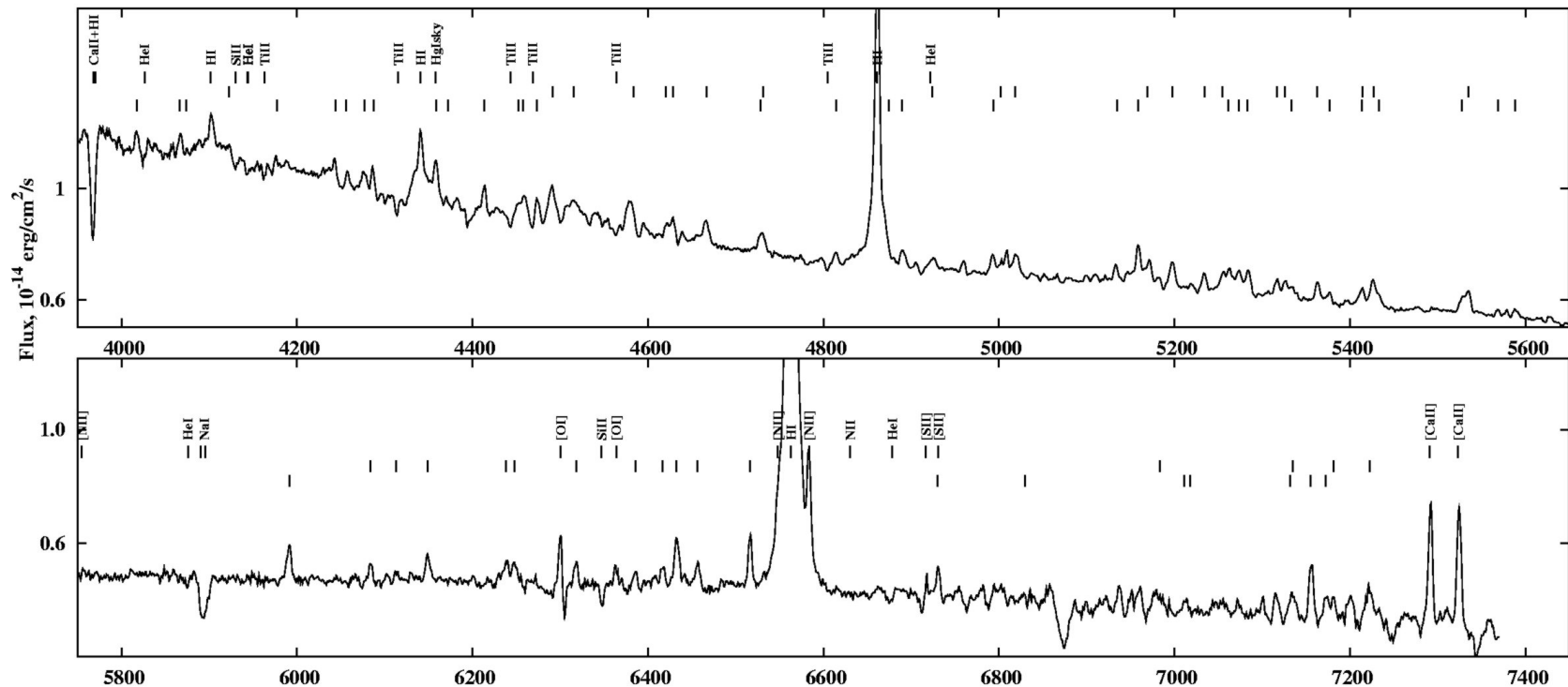
N93351 в М33 – LBV или WN?

$T \sim 16000$ К, горячая фаза LBV

Переменность ~ 0.4 mag

Позже объект был классифицирован как Теплый гипергигант (WN) (Humphreys et al. 2017)

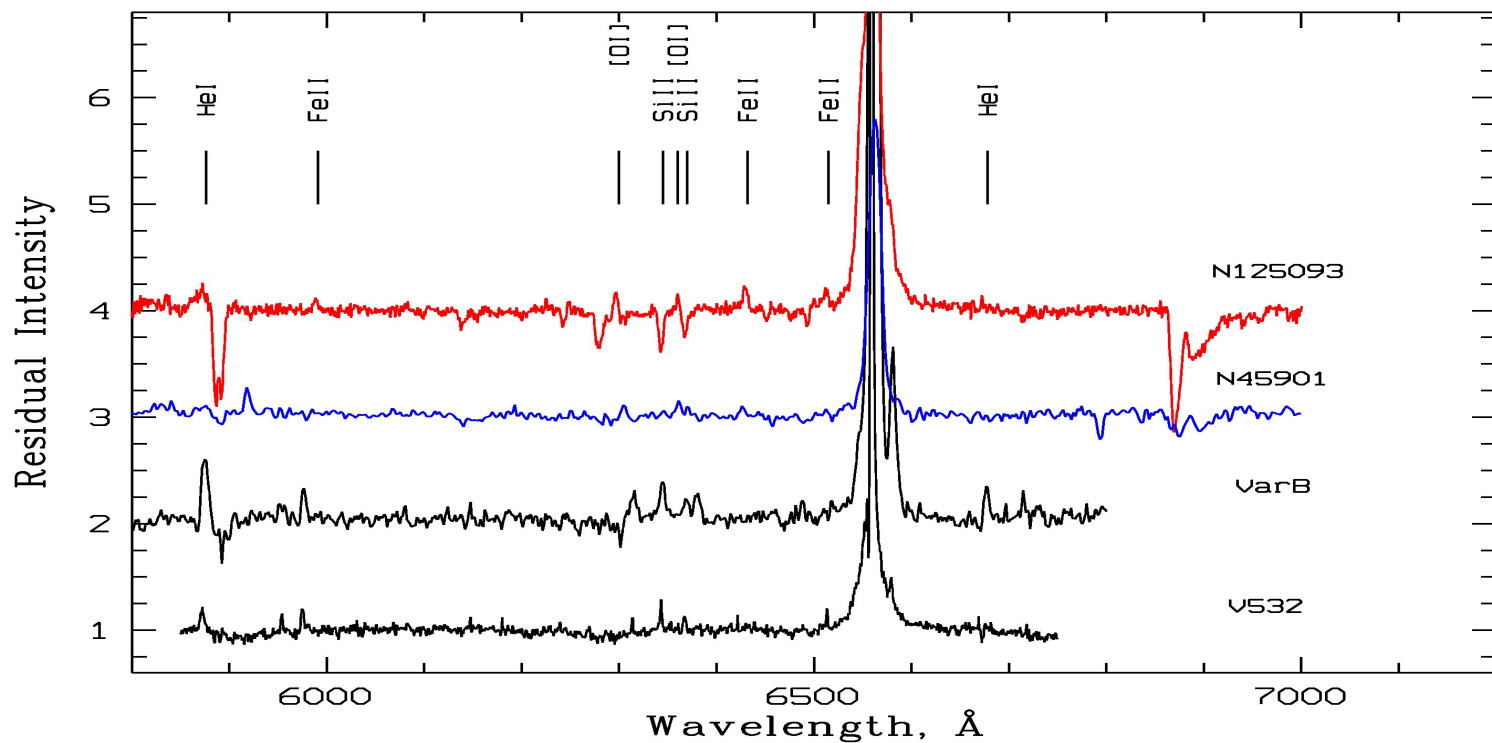
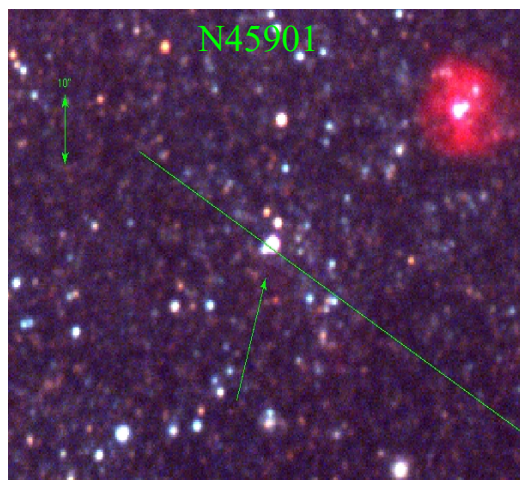
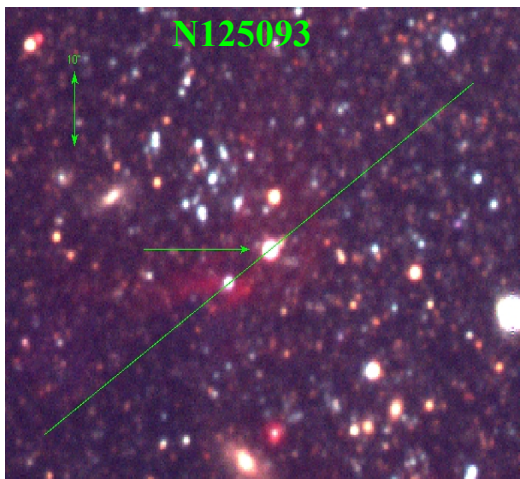
по наличию [CaII] линий



Новые красные кандидаты в LBV

Звезда N125093 по нашим оценкам имеет м/з поглощение $A_V=3.3$ $M_V=-10.9$, она соответствует по светимости известным LBV AG Car и Var B, v532, N93351 в M33.

Звезда N45901 имеет м/з поглощение $A_V=2.2$, ее светимость $M_V=-9.5$, она соответствует по светимости известным LBV HR Car и VarA, VarC в M33.

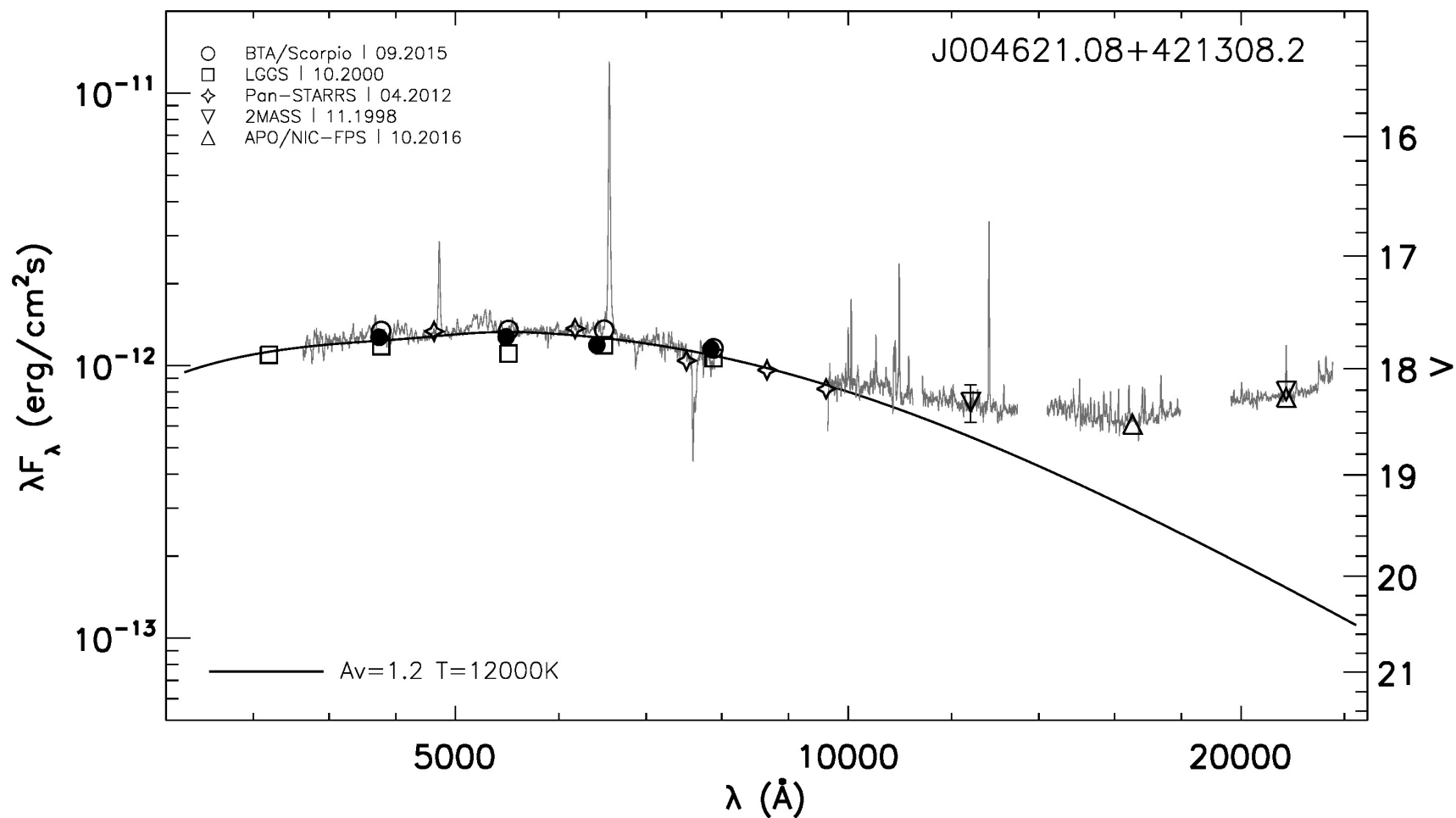


Свойства теплых гипергигантов

- $M_V = -9^m - 9.5^m$
- Показывают нерегулярную переменность
- Спектроскопически напоминают LBV в их состоянии извержения или плотного ветра и В[e]-сверхгиганты.
- Некоторые имеют эмиссию [Fe II] и [O I] Линии поглощения, характерные для сверхгигантов А и F-типа.
- ИК-избыток, пыль



V1302 Aql



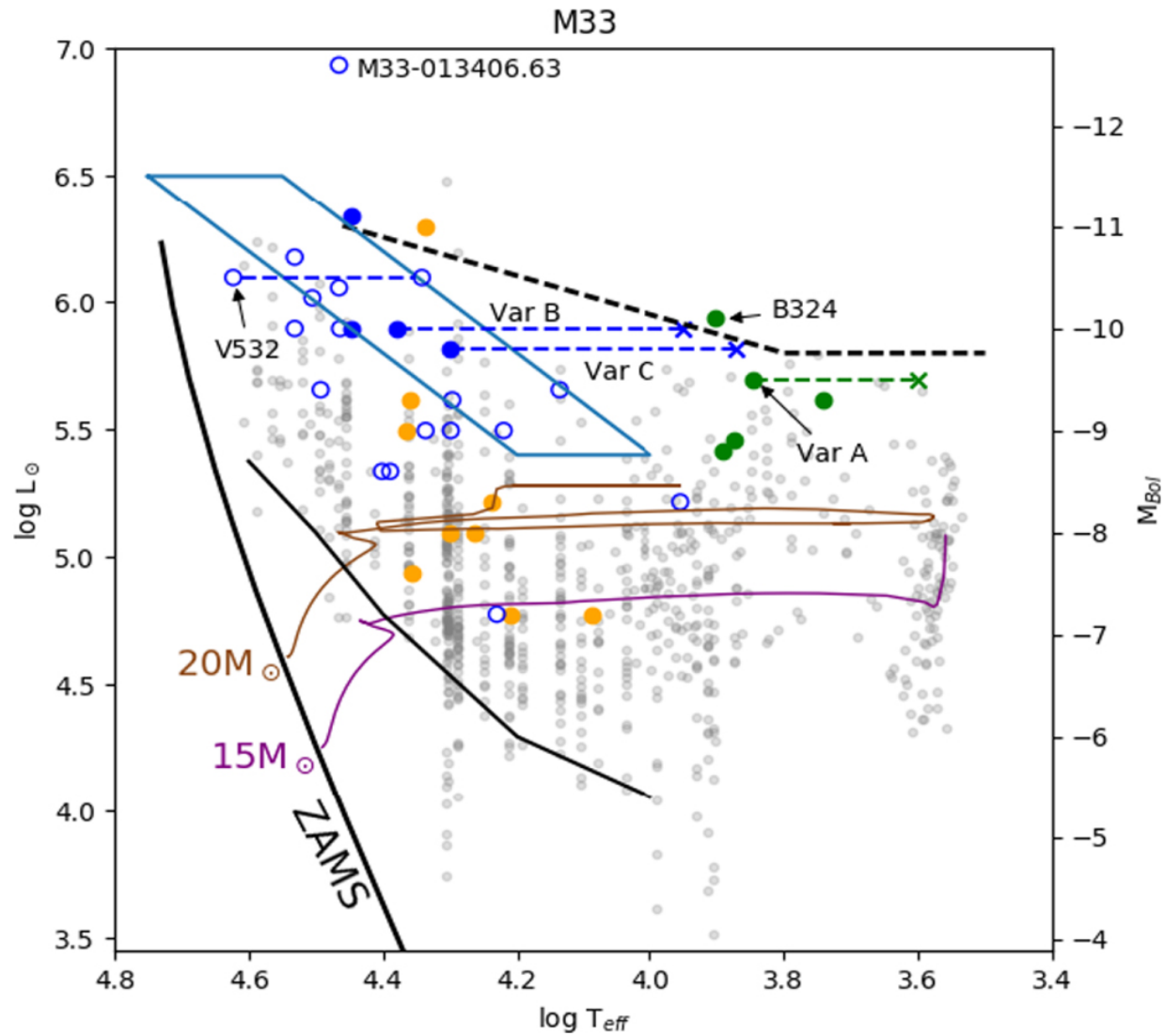
Спектральное распределение энергии Теплового гипергиганта. Ромбы - фотометрия BVR, полученная одновременно со спектрами. Все SED, включая пыль, аппроксимированны чернотельным излучением.

HR 5171 - Желтый гипергигант



Взгляд художника





ГР-диаграмма для M33 из работы Humphreys R. 2019

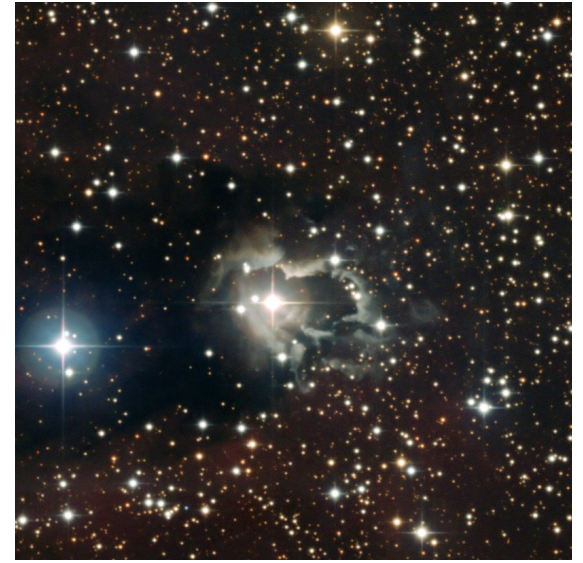
Синие заполненные кружки — LBV, открытые — LBV-кандидаты

Желтые — V[e]-сверхгиганты, Зеленые — Теплые гипергиганты

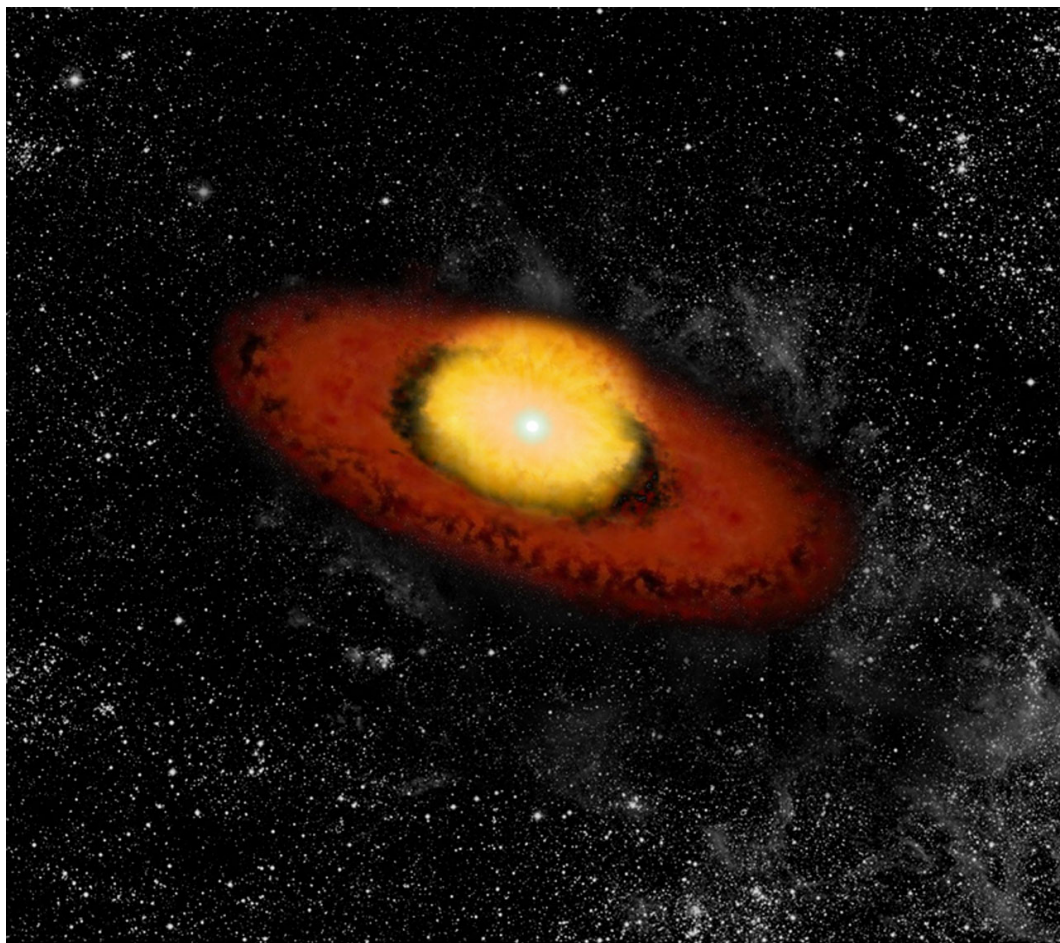
Эволюционные треки из работы Ekstrom et al. 2012.

Свойства В[e]-сверхгигантов

- $M_V = -4^m - 8^m$
- Показывают переменность $0.1 - 0.2^m$
- Эмиссионные спектры
- Спектры имеют эмиссию [Fe II], [O II], [SII], [NiII], некоторые имеют [Ca II]
- ИК-избыток, пыль
- Оптическая линейная поляризация



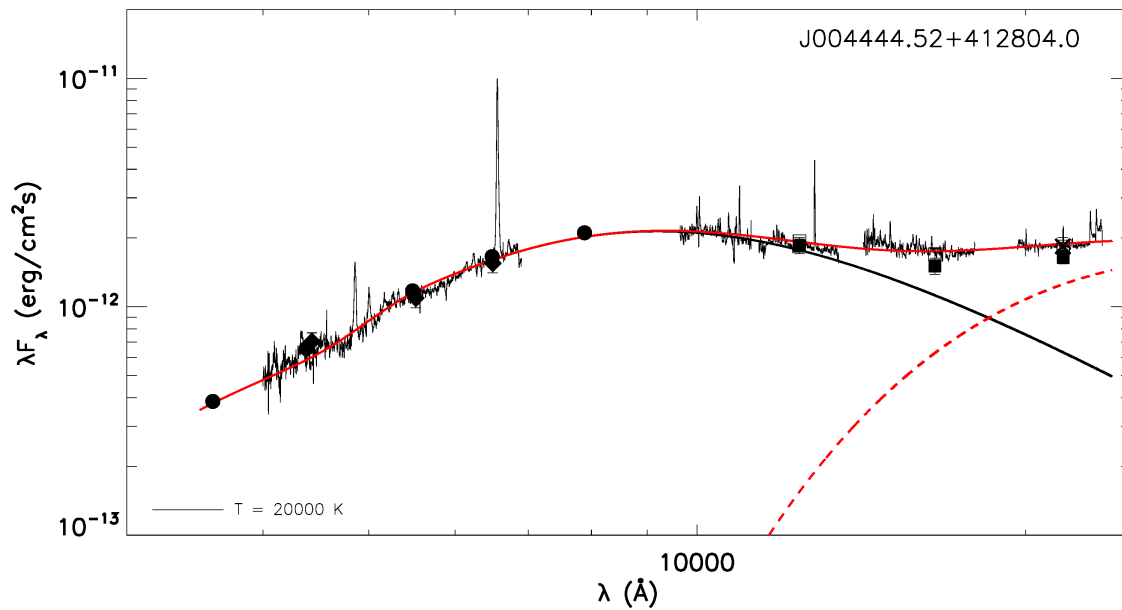
HD87643



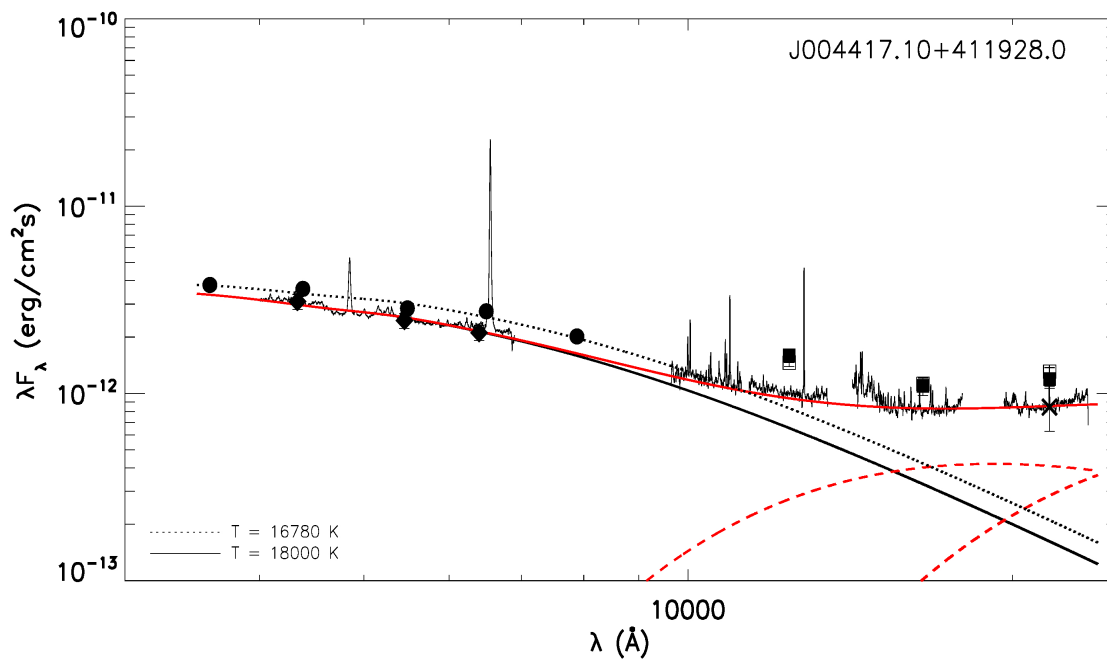
B416 - B[e]Sg в M33

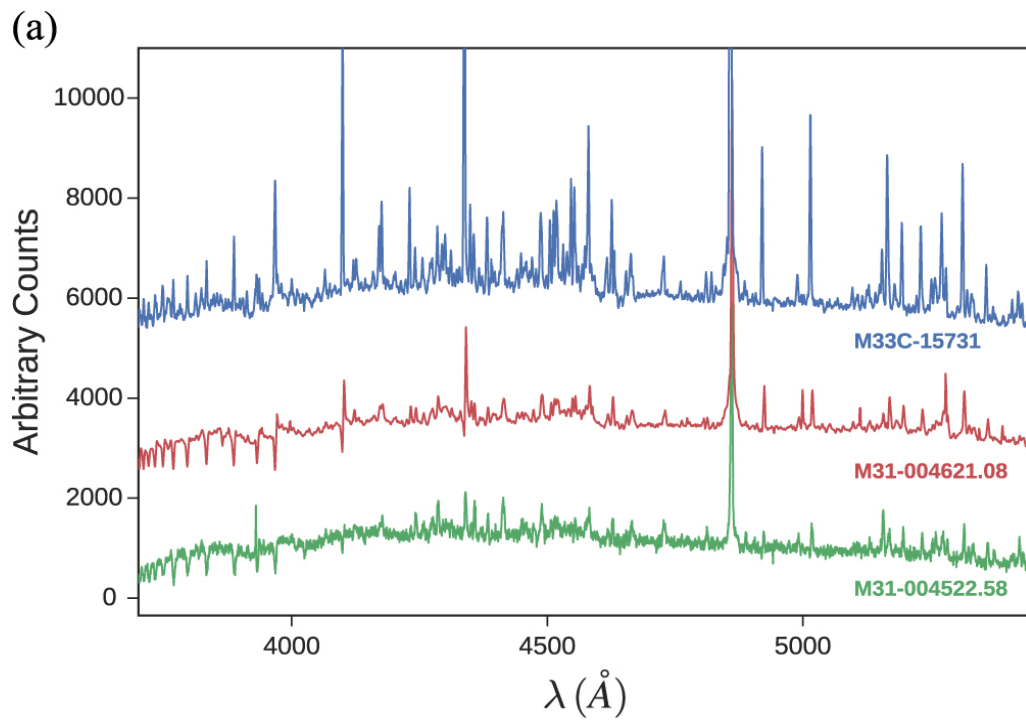


B[e]Sg глазами художника

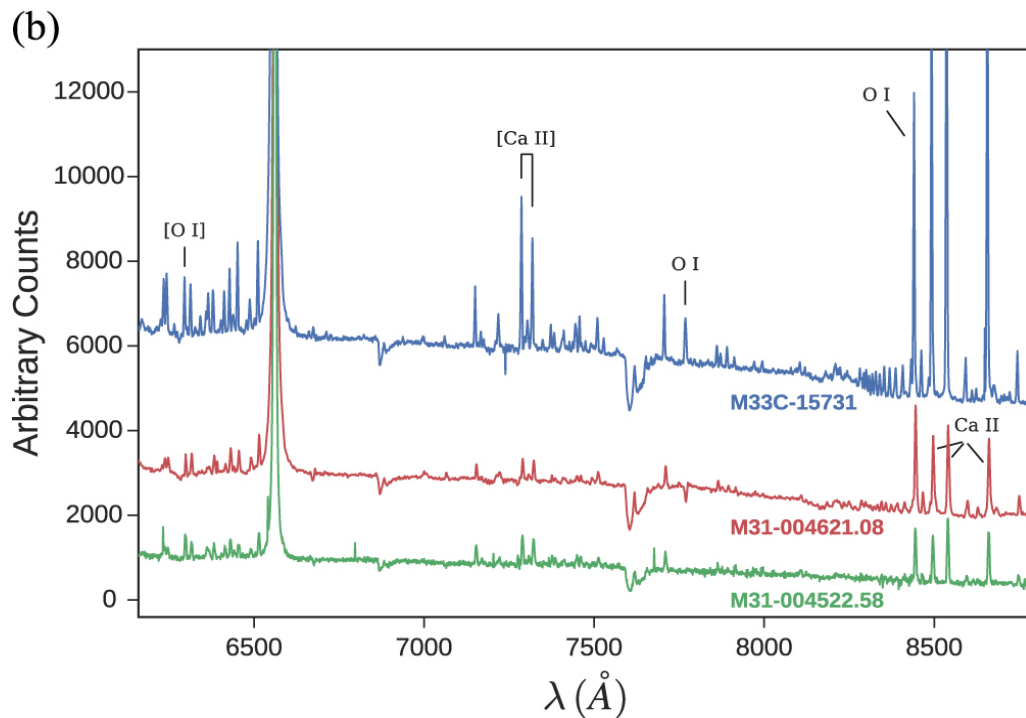


Спектральные распределения энергии V[e]Sg. Ромбы - фотометрия BVR, полученная одновременно со спектрами. Все SED, включая пыль, аппроксимированны чернотельным излучением.





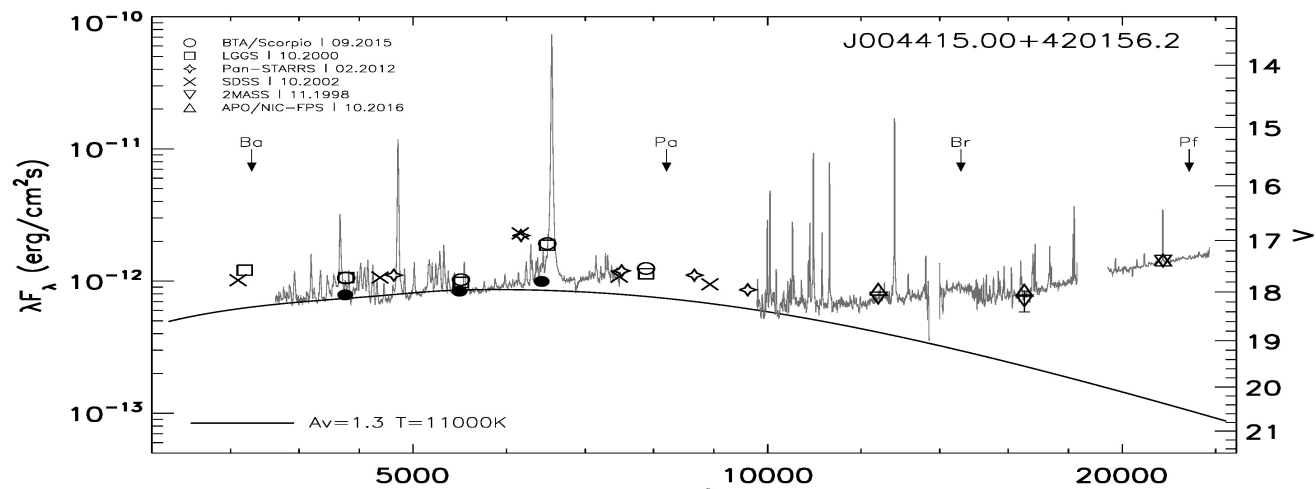
Голубые спектры гипергигантов M31-004522.58 и M31-004621.08 и V[e]Sg M33C-15731. Хотя их спектры эмиссионных линий похожи, гипергиганты имеют сильное поглощение в линиях Бальмера и линии Ca II К, аналогичные ранним сверхгигантам А-типа..



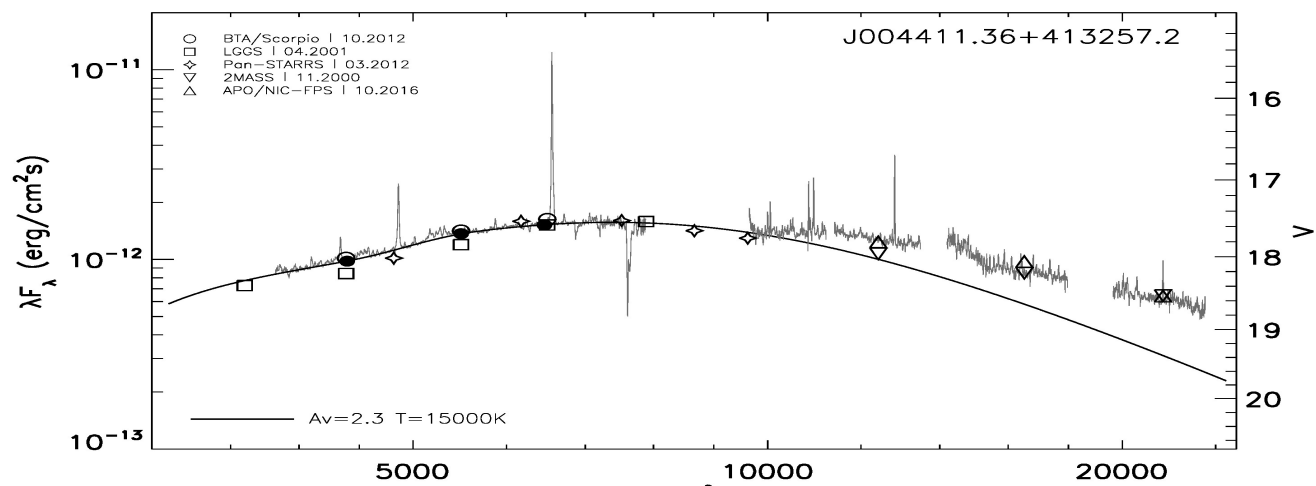
Красные спектры гипергигантов M31-004522.58 и M31-004621.08 с эмиссией [O I] и V[e]Sg M33C-15731, который имеет линии эмиссии [Ca II] и Ca II, подобные гипергигантам.

Humphreys et al. 2017

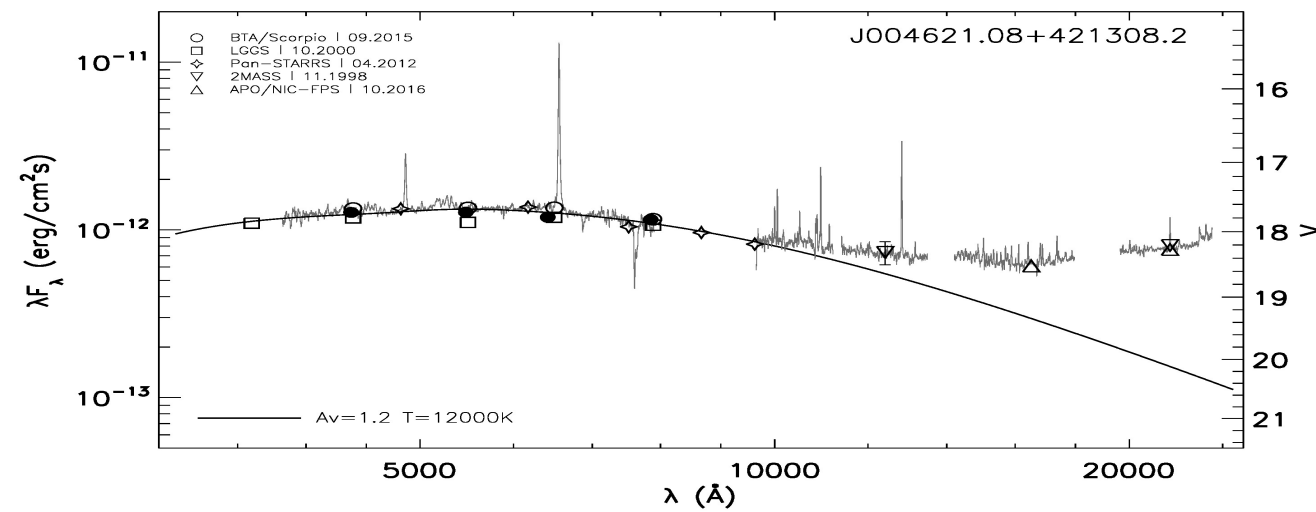
B[e]Sg



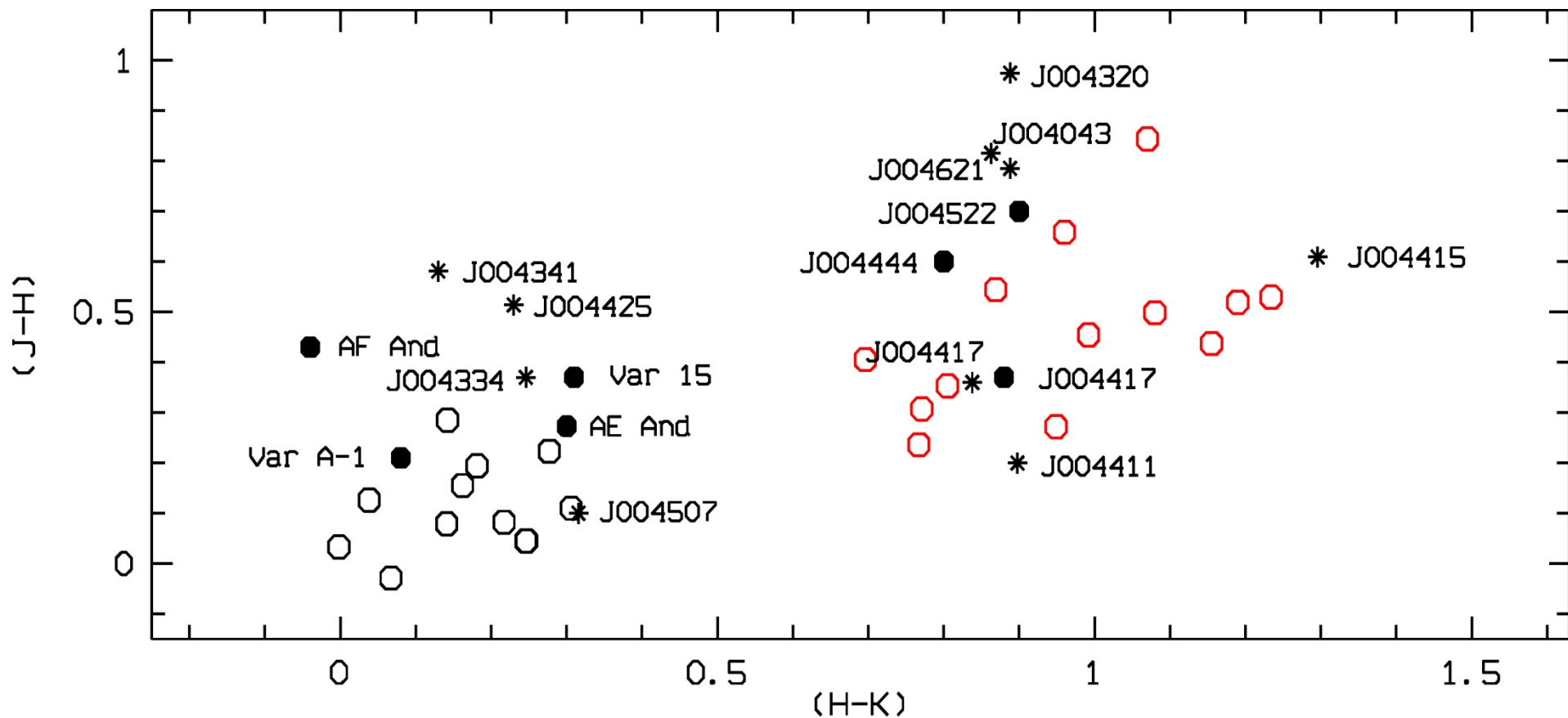
FeII-star



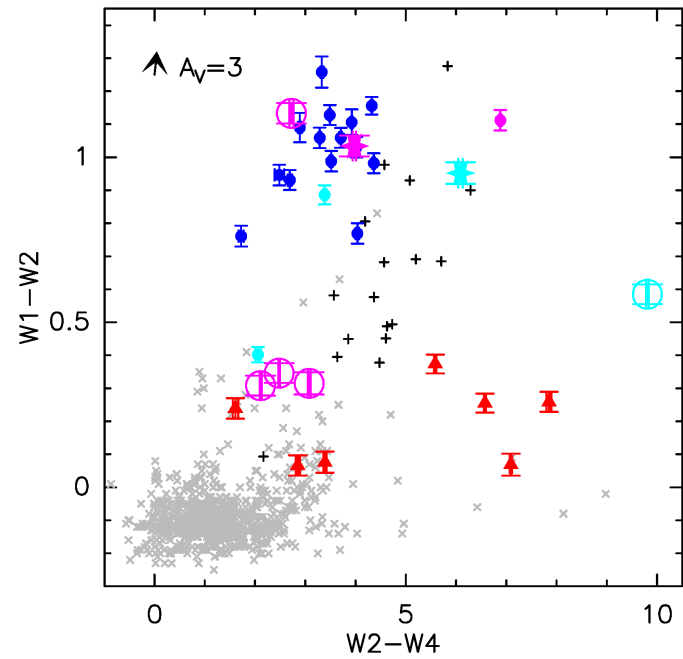
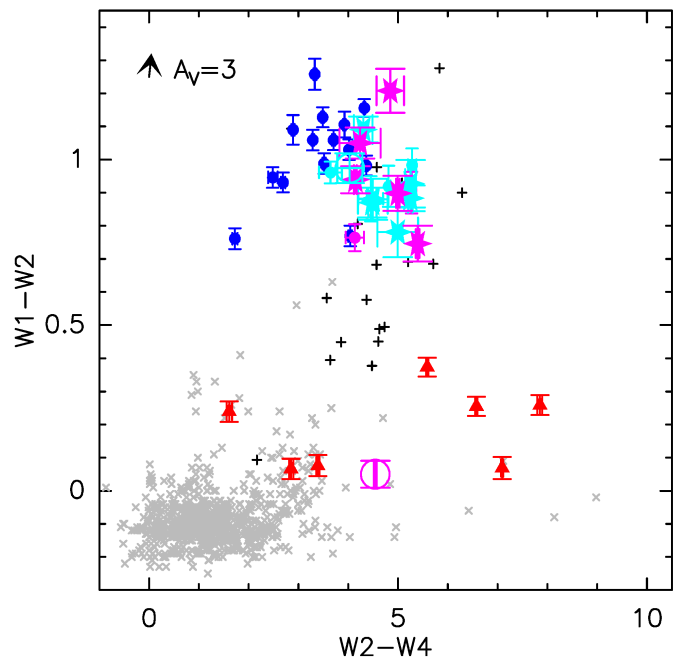
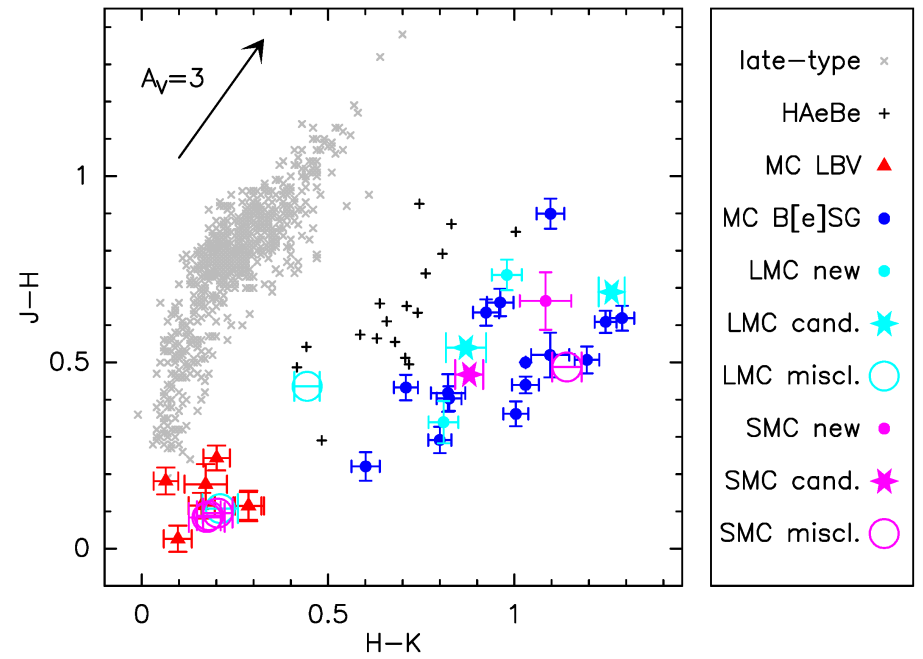
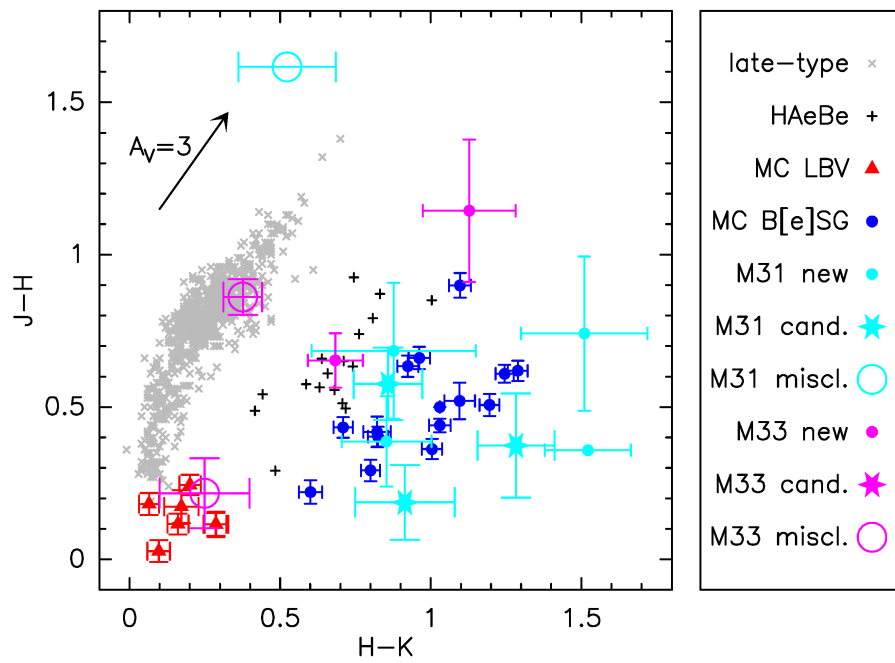
WH



ЖК-диаграмма (Kraus et al., 2014) для звезд LBV и В[e]-сверхгигантов.



Пустые кружки — звезды нашей Галактики,
 черные — LBV-звезды, красные — [Be]-сверхгиганты.
 Заполненные кружки — известные LBV и [Be]-сверхгиганты галактики M31.
 (*) - наши объекты.



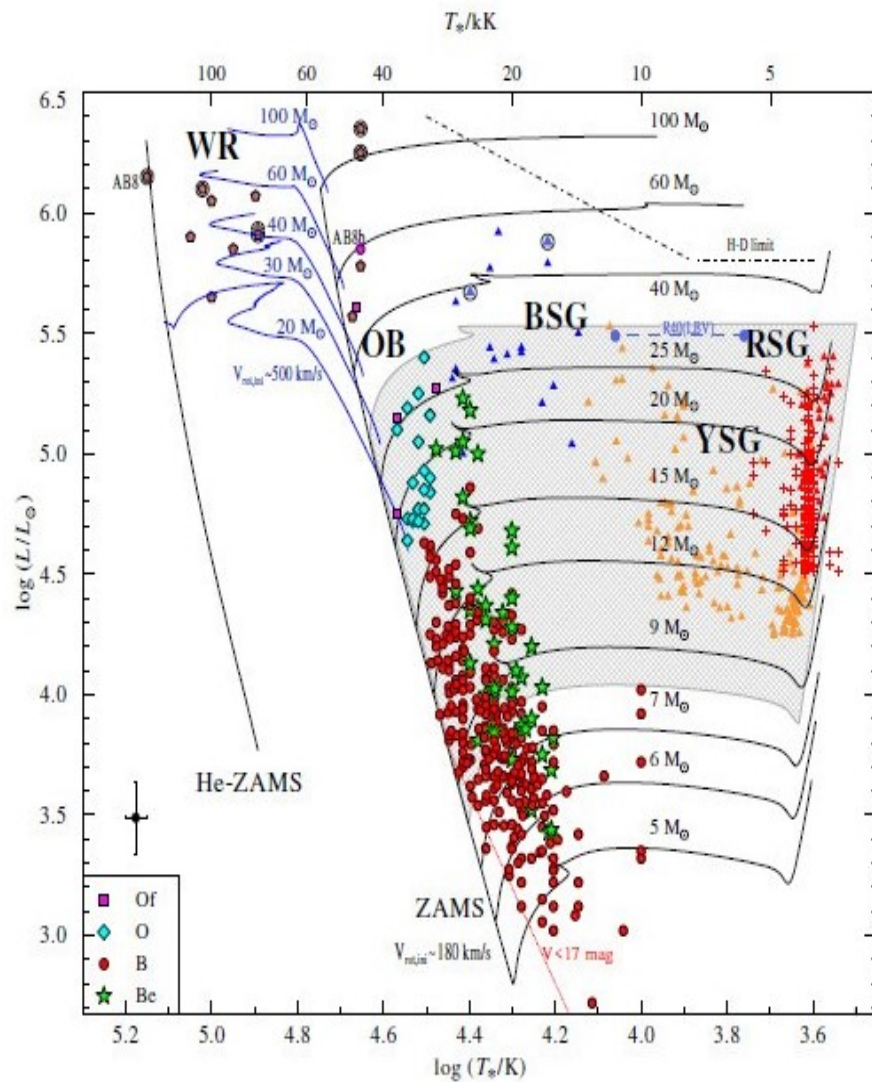
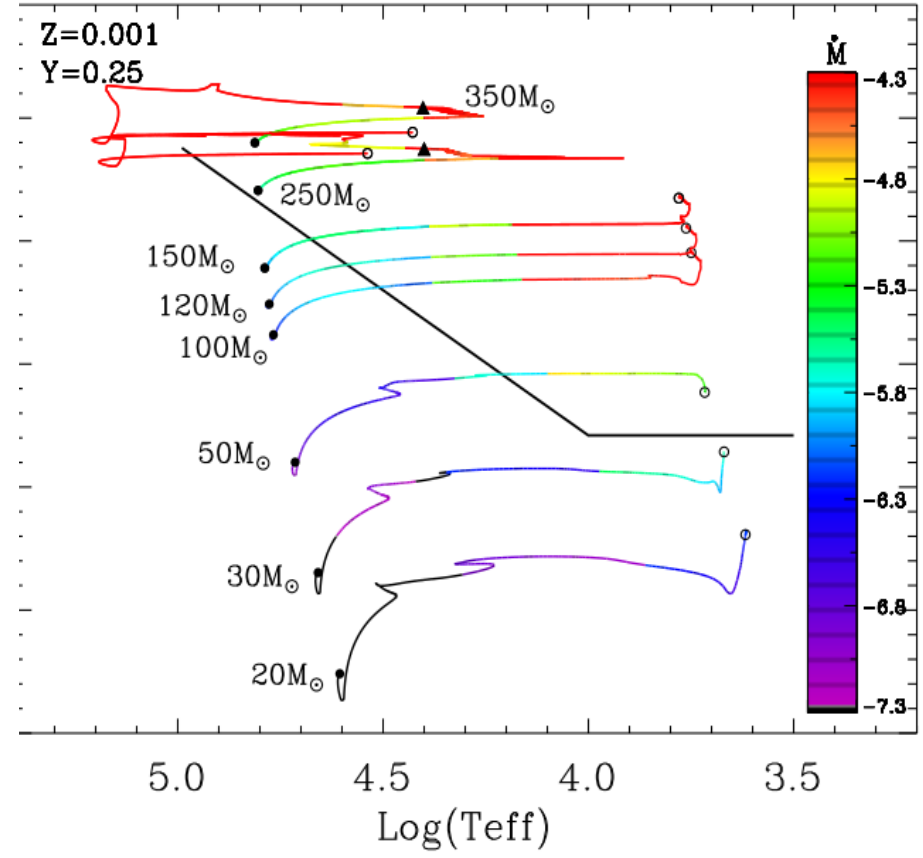
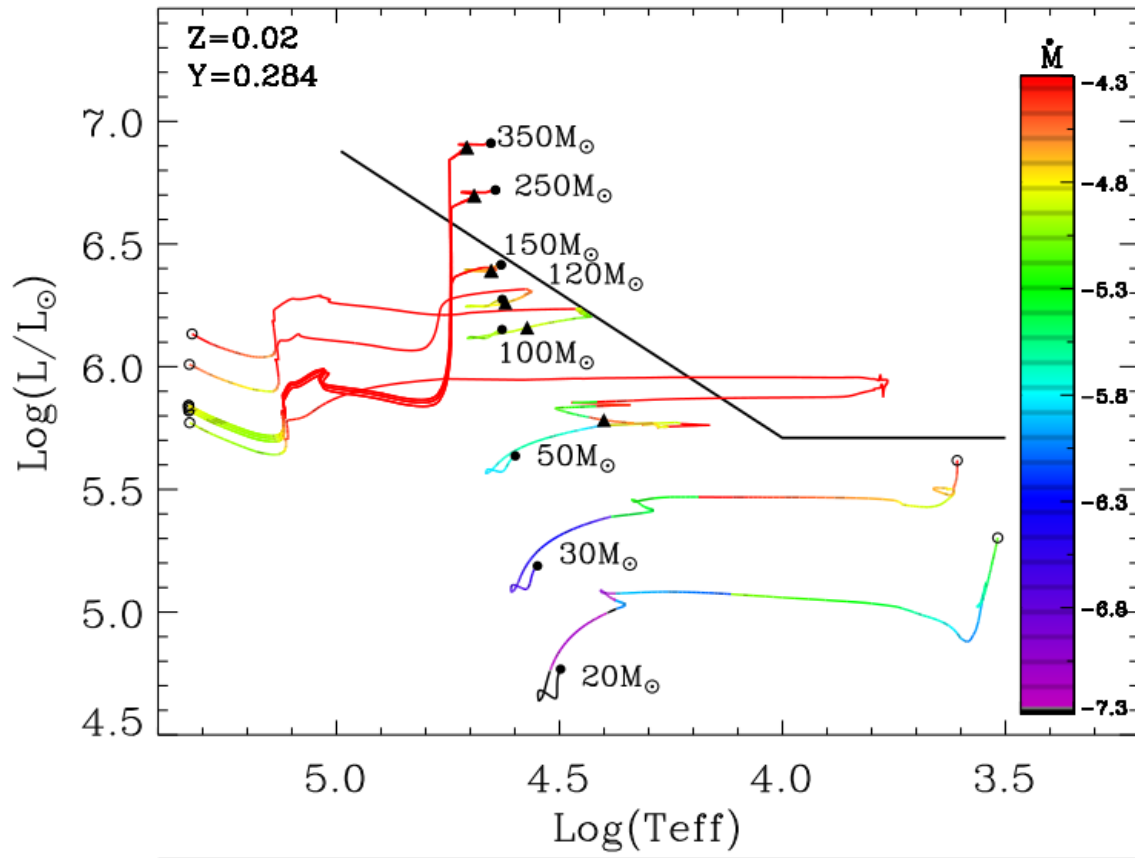


Диаграмма ГР для массивных звезд в SMC. Звезды OB представлены различными символами, как в легенде. Коричневые пятиугольники представляют звезды WR (обведены, если в двойных системах), желтые символы обозначают YSG, синие треугольники для BSG, красные кресты и красные треугольники для RSG. На ГР также показан единственная подтвержденная LBV в SMC R40, в разные эпохи.

Теоретические эволюционные треки звезд с $V_{init} = 180$ км/с показаны сплошными линиями (Brott et al. 2011). Черные линии показывают стандартные эволюционные пути, синие -- с $V_{init} = 550$ км/с показывают треки квазихимически однородно эволюционирующих звезд. ZAMS и He-ZAMS также показаны. Заштрихованная серая область указывает область, где, согласно стандартным трекам звездной эволюции, звезды становятся RSG и взрываются как SNe II-P. Однако более массивные звезды над серой областью, похоже, не следуют стандартным эволюционным трекам. Их положение согласуется с синими треками и они могут претерпеть коллапс ядра.

V.Ramachandra et al. 2019
 провели моделирование 320 звезд



Models from PARSEC stellar evolution code (Bressan+ 2012; Tang+ 2014; Chen, Bressan+ 2015)

