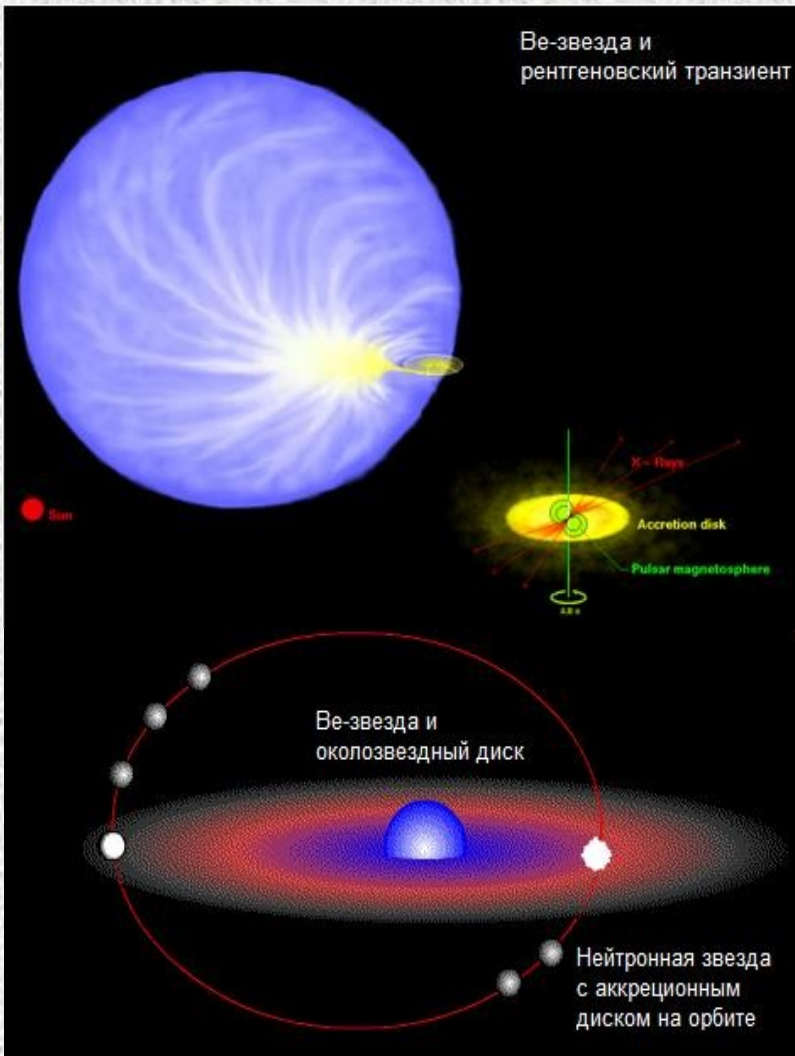


Спектральные и фотометрические исследования рентгеновских транзиентных источников

**Барсукова Е.А., Буренков А.Н., Борисов Н.В., Валеев А.Ф.,
Клочкова В.Г. и Юшкин М.В.
(САО РАН);
Горанский В.П. и Метлова Н.В.
(ГАИШ МГУ и Крымская станция ГАИШ)**

Природа рентгеновских транзientных источников

Это объекты, появляющиеся на рентгеновском небе и затем исчезающие, что отличает их от стационарных источников.



Это системы, которые содержат компактные компоненты разной природы: белый карлик, нейтронную звезду или черную дыру. Рентгеновское излучение появляется в результате аккреции вещества на компактный компонент.

Причины рентгеновских вспышек:

-**термоядерный взрыв водорода** на поверхности белого карлика (C1 Cam);

-**накопление вещества в аккреционном диске у нейтронной звезды и выпадение вещества на магнитные полюса** нейтронной звезды, где происходит термоядерное горение. При рентгеновской вспышке появляется пульсар, который не проявляет себя в спокойном состоянии (Ве-звезды BQ Cam, V490 Cep);

-**падение на компактный объект маломассивного тела** в результате гравитационного захвата (ядра кометы или метеороида) в разделенной системе (V934 Her, V4641 Sgr).

Целью исследования являются рентгеновские двойные большой массы, эволюционные стадии компонентов и следы взаимодействия в спектрах.

Многоцветные фотометрические наблюдения пяти массивных рентгеновских систем выполнены в САО РАН на 1-м рефлекторе Цейсса, в ГАИШ МГУ на 60-см рефлекторах Цейсса и на 50-см менисковом телескопе Крымской станции ГАИШ, а спектроскопические наблюдения на 6-м телескопе САО РАН со спектрографами UAGS, NES и SCORPIO.

3 из 5 представленных объектов являлись резервными в спектральных программах на БТА.

Наблюдения проводились в 2001 – 2012 годах.

Мы восстановили фотометрическую историю пяти рентгеновских систем по архивам фотографий звездного неба с применением цифровой обработки изображений.

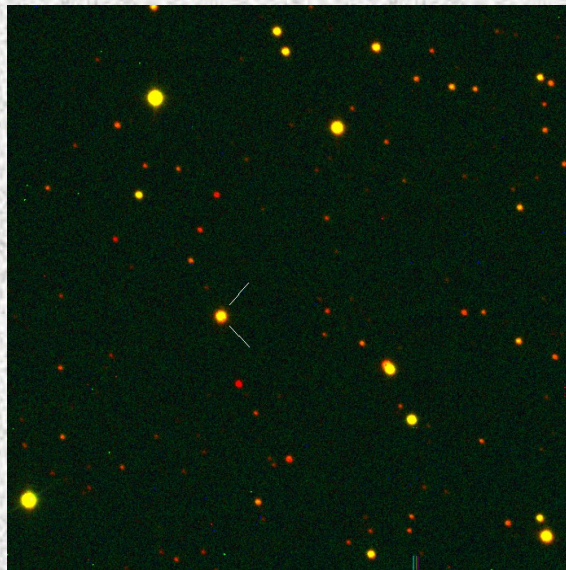
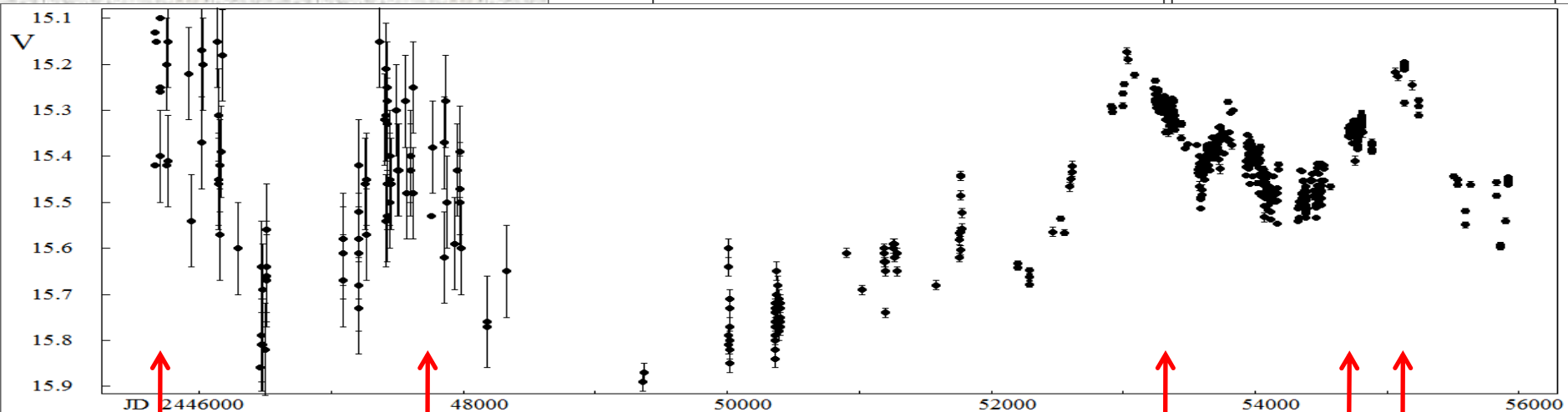
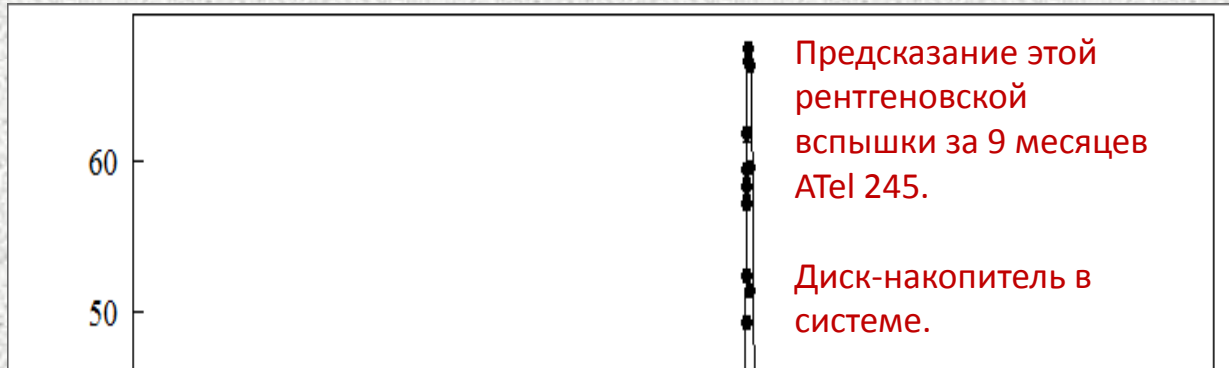


Фото Цейсс-1000

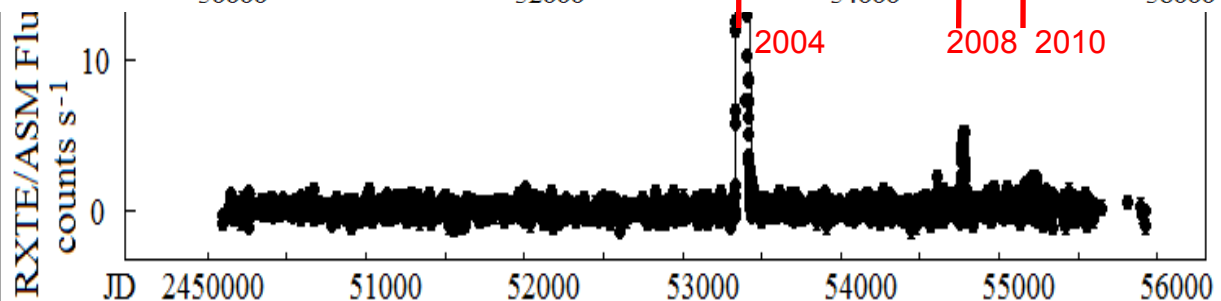
VQ Cam = V0332 +53

Звезда O8-9Ve + нейтронная звезда, пульсар

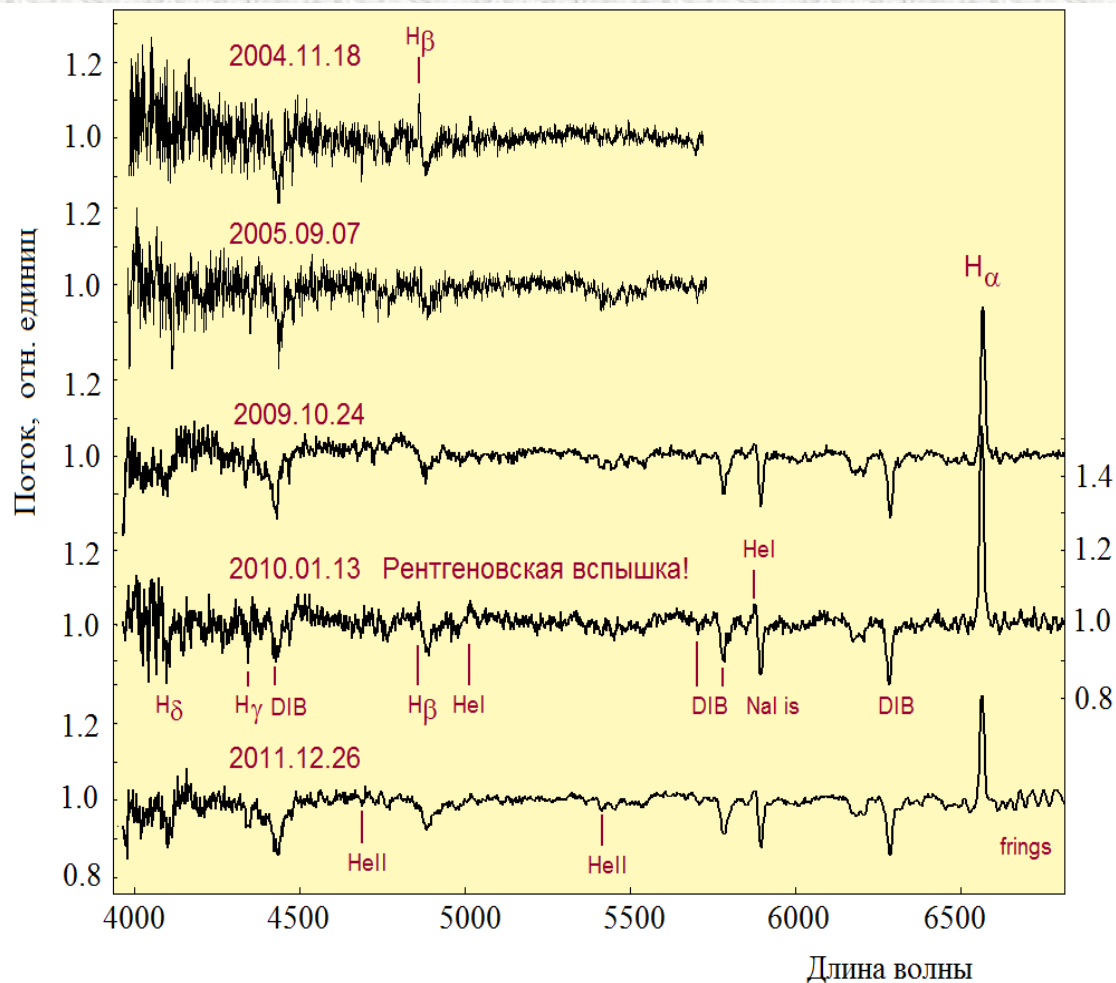
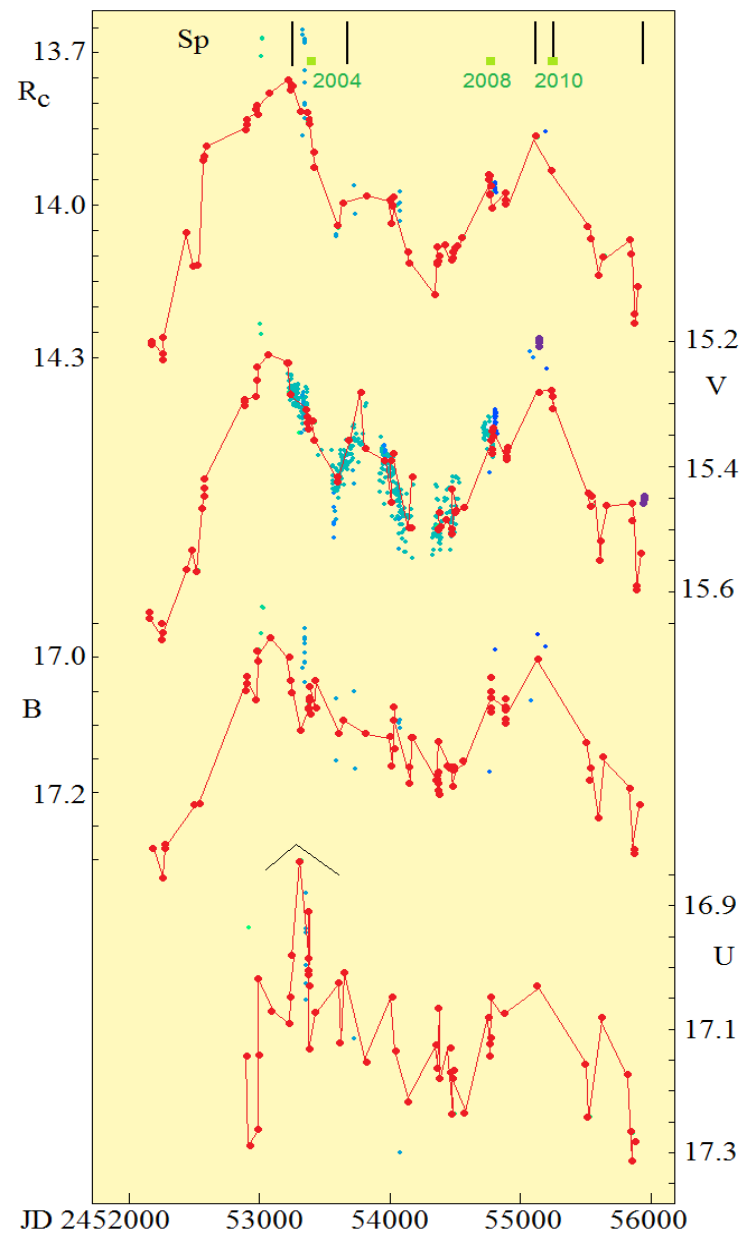
$P_{\text{puls}} = 4.375$ s. На орбите с $P = 34.2$ сут.



Фотометрические наблюдения всеми средствами с момента отождествления оптического двойника.



BQ Cam: фотометрия и спектроскопия

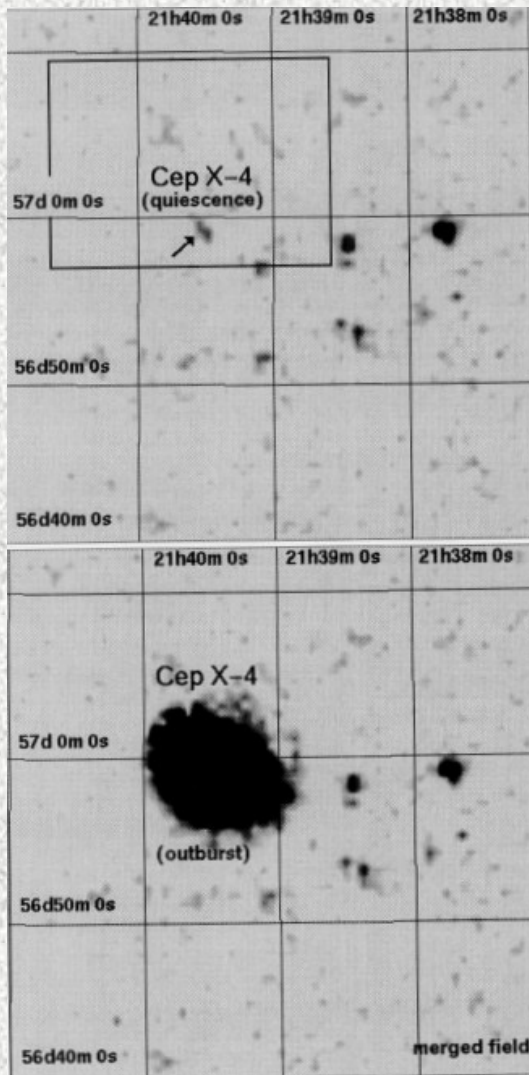


Спектры БТА/SCORPIO.

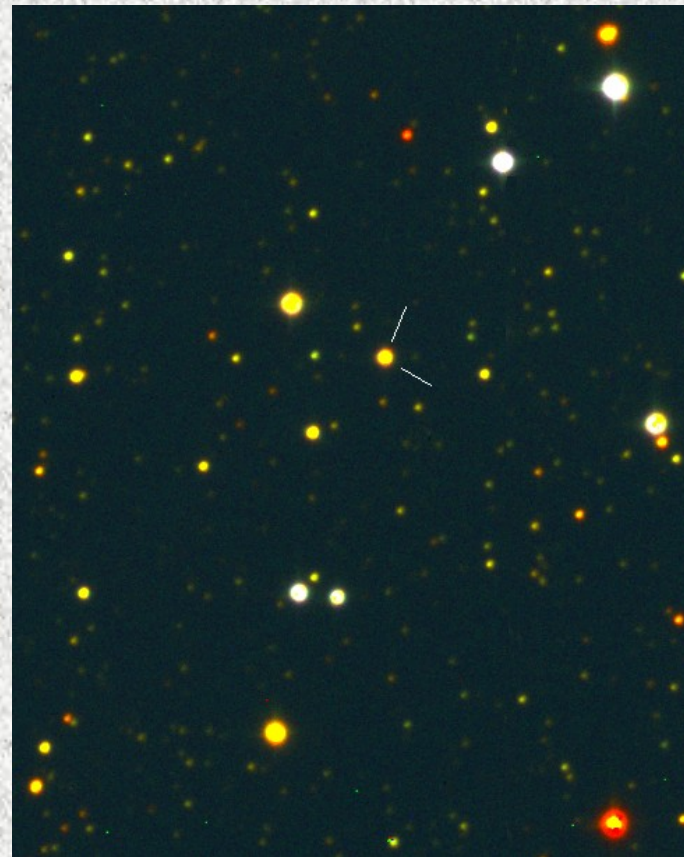
Фотометрия: Цейсс-1000 – красные точки, БТА – фиолетовые точки, ROTSE-III (в фильтре V) – голубые точки, Цейсс-600 (КС ГАИШ) – синие точки.

V490 Cep = Cep X-4 (GS 2138+56)

Звезда B1V-B2Ve + нейтронная звезда, пульсар с $P_{\text{puls}} = 66.24$ с на орбите с периодом 20.85 сут.



Изображения Cep X-4 в рентгеновских лучах (ROSAT/PSPC) в спокойном состоянии и во вспышке в июне 1993 г. (Schulz et al., 1995)



V490 Cep в оптическом диапазоне (Цейсс-1000)

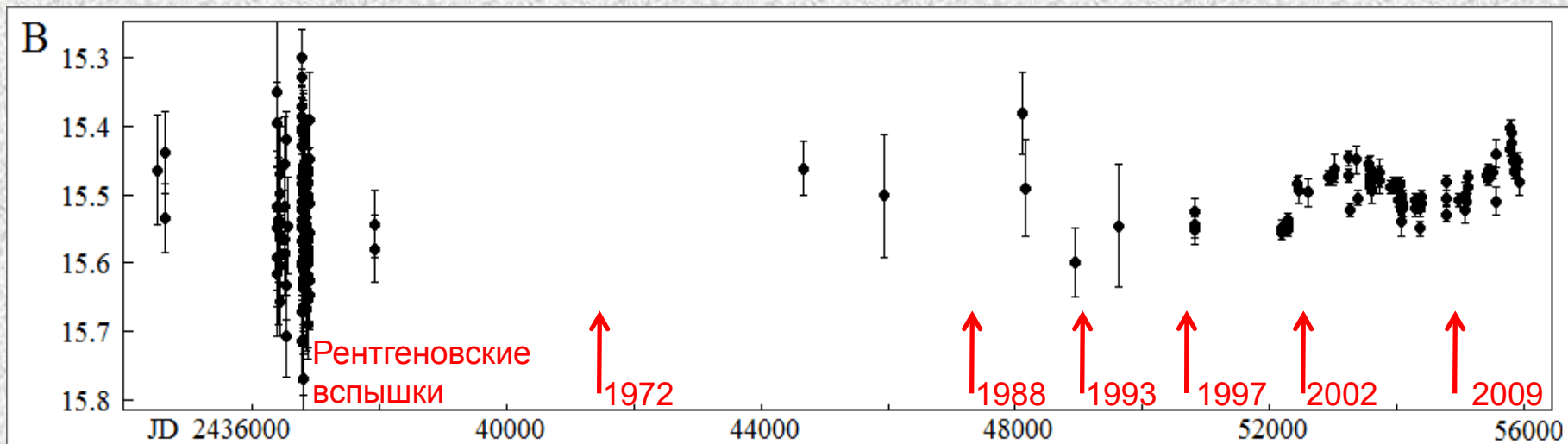
Сер X-4:

история исследования в оптике и в рентгене

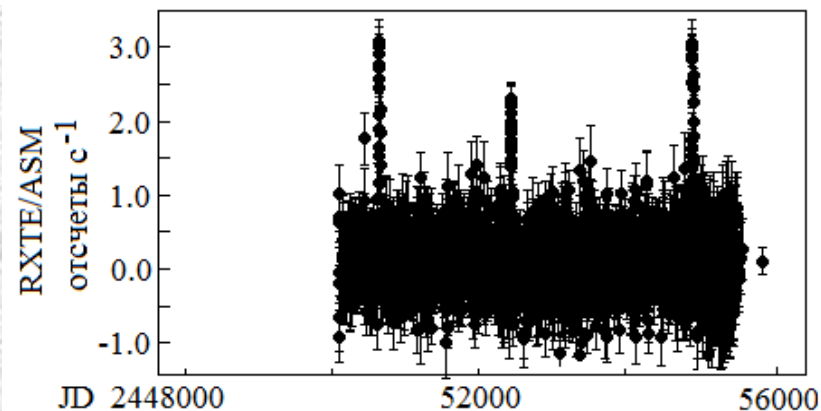
Зоннеберг

Фототека ГАИШ МГУ

САО РАН и
ГАИШ МГУ

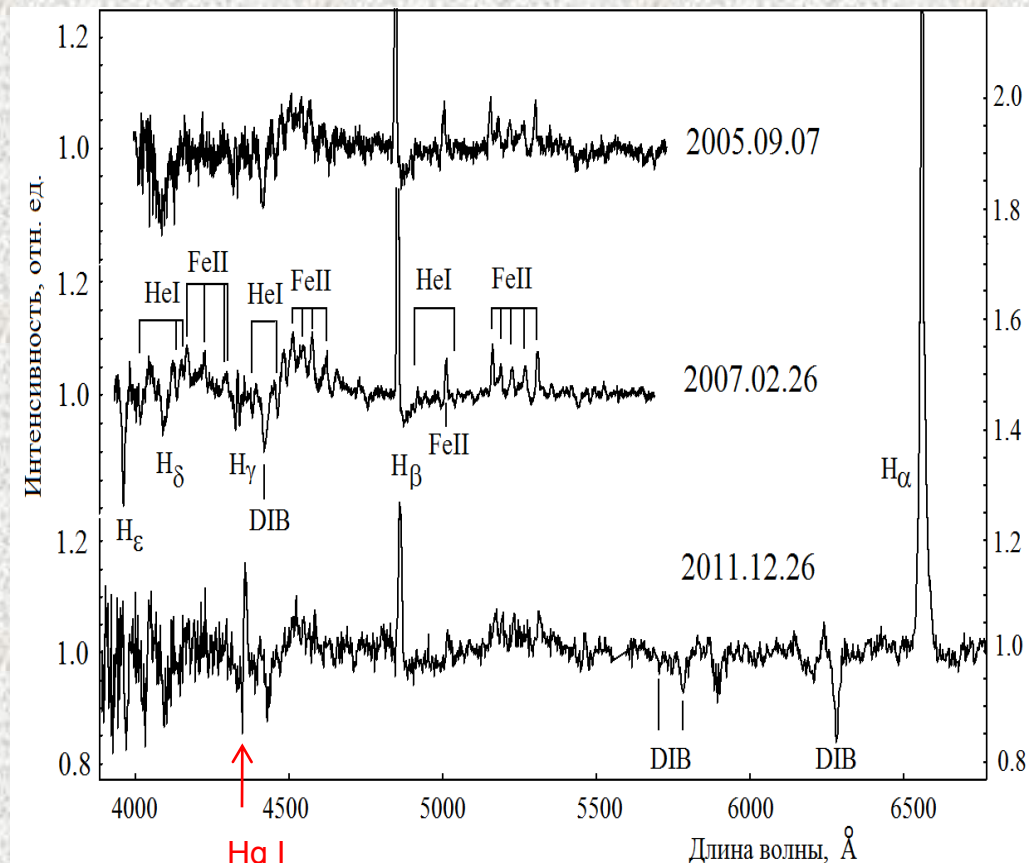
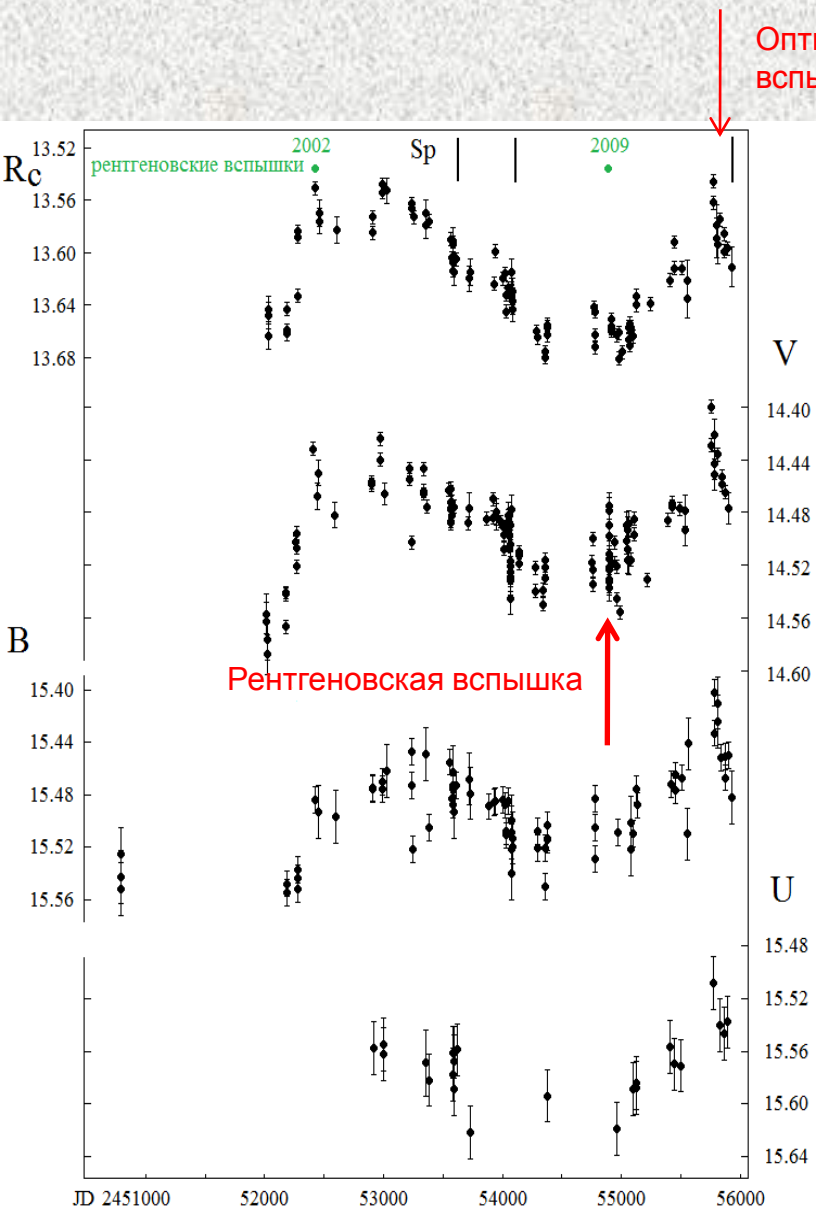


Открытие оптической переменности



V490 Сер:

UBVR фотометрия и спектроскопия

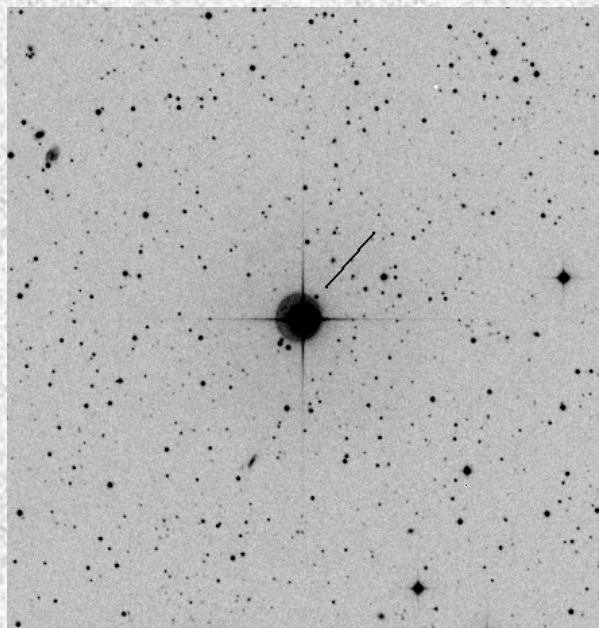


Световое
загрязнение

Спектры БТА/SCORPIO

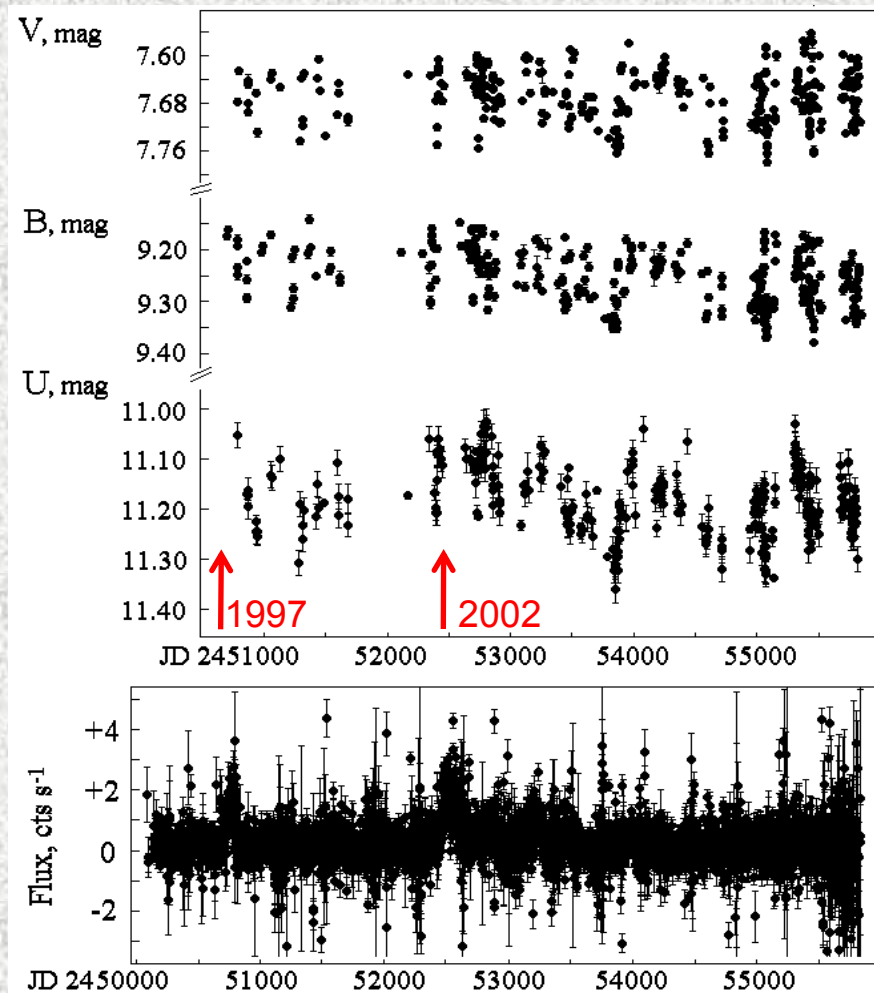
ПЗС-фотометрия получена на телескопе Цейсс-1000 САО РАН и на 60-см телескопе Крымской станции ГАИШ МГУ

V934 Her (HD 154791) = 4U 1700+24
Красный гигант типа M2 III +
нейтронная звезда на орбите с
периодом 415 дней. Разделенная
система. Нет пульсара.



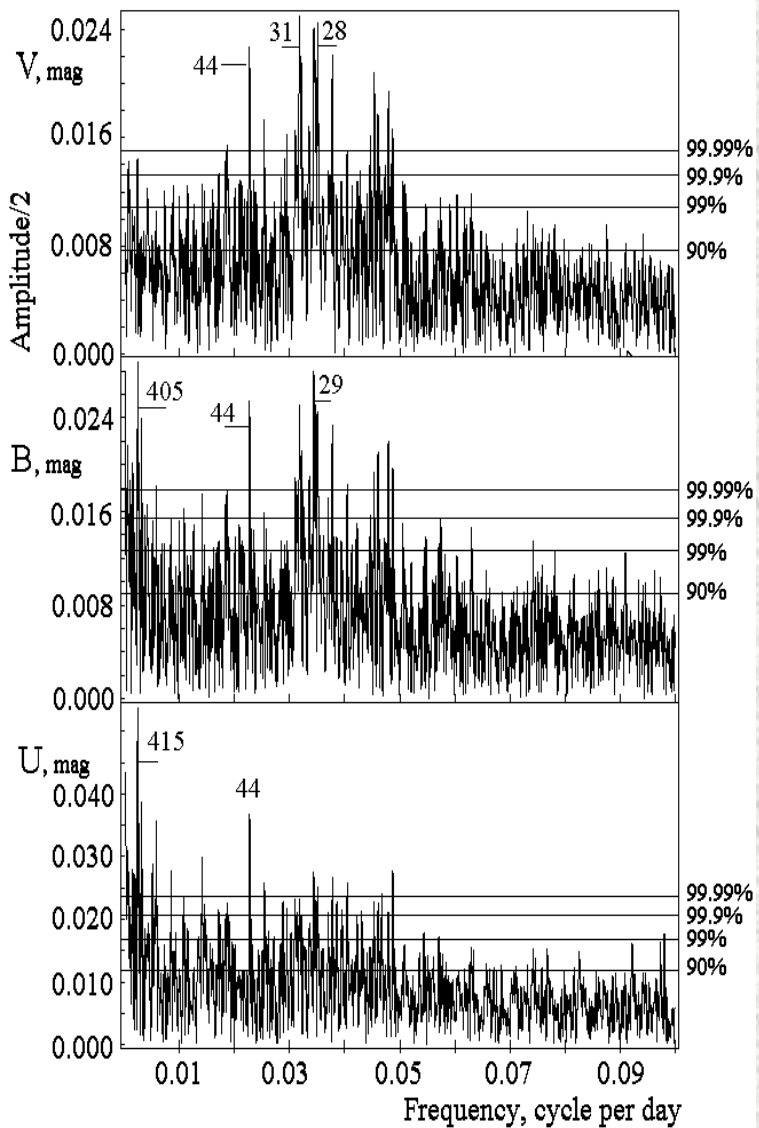
Изображение V934 Her в
оптическом диапазоне DSS, R,
поле 5 x 5'

Кривые блеска в полосах
системы UBV и сравнение
с кривой рентгеновского
потока по данным
RXTE/ASM.



V934 Her:

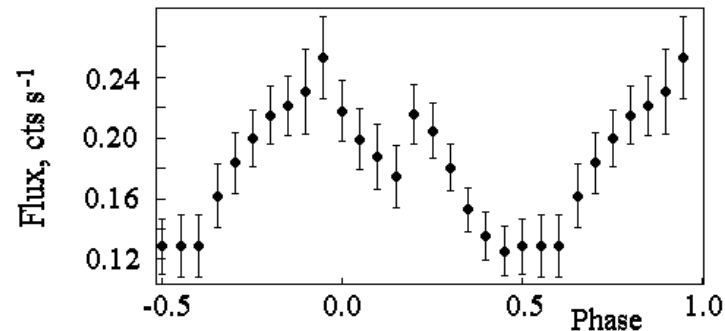
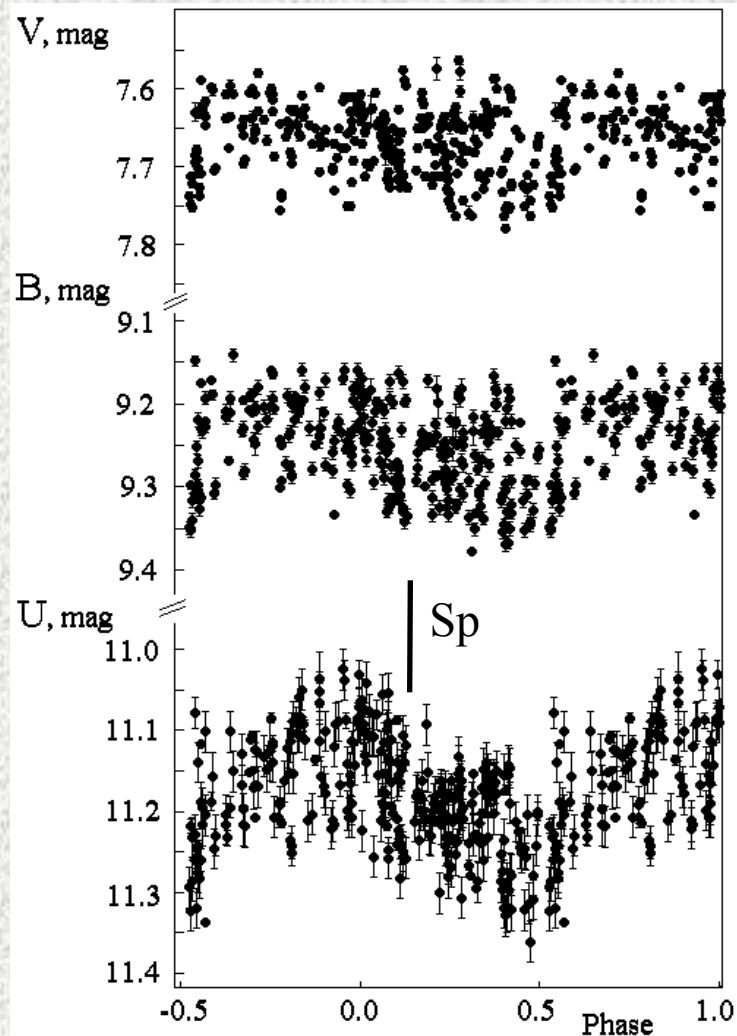
орбитальные изменения блеска
и рентгеновского потока



Амплитудные
спектры

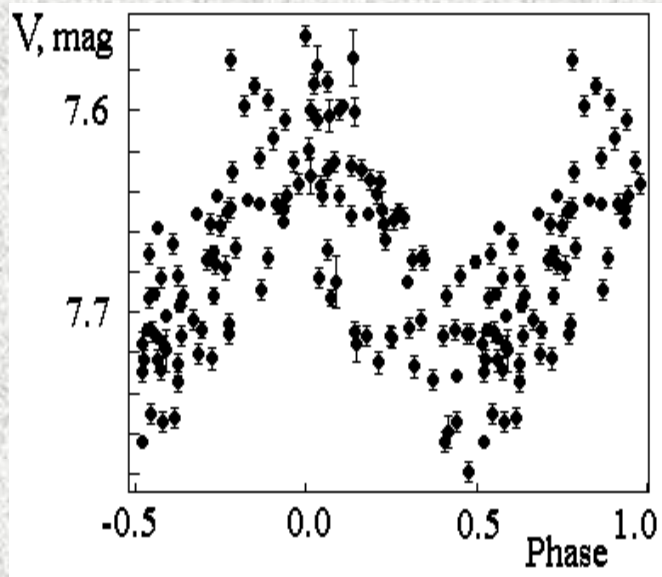
RXTE/ASM

Средняя
кривая

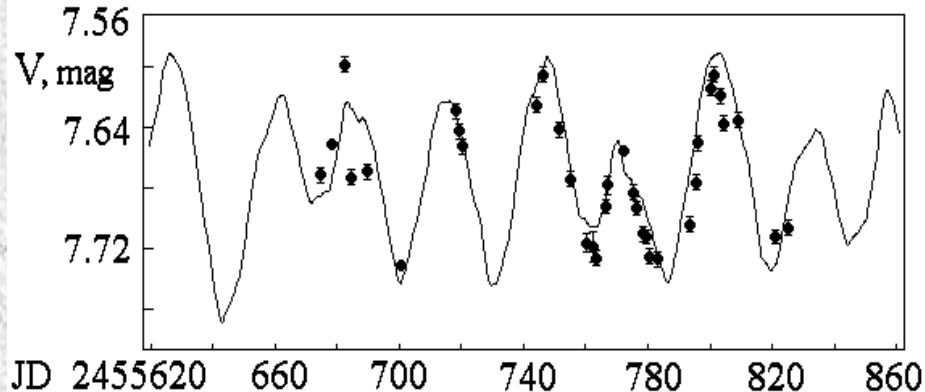
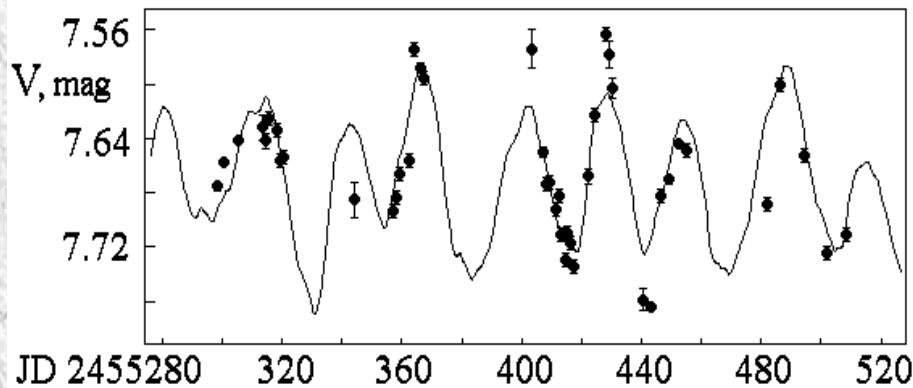
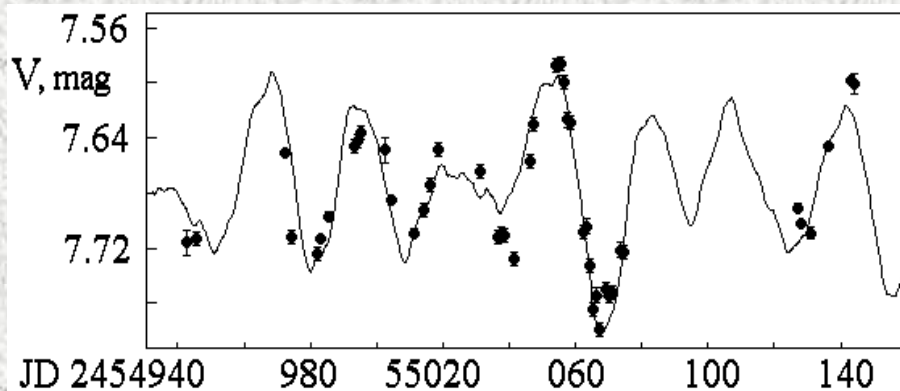


V934 Her:

мультипериодические
пульсации красного
гиганта



Доминирует период пульсаций
28.82 дня



Данные мониторинга в 3 сезона 2009 – 2011 г.
Сплошная линия – модельное представление
суммой 4-х компонентов.

V934 Her:

спектр Цейсс-1000/УАГС и профили линий

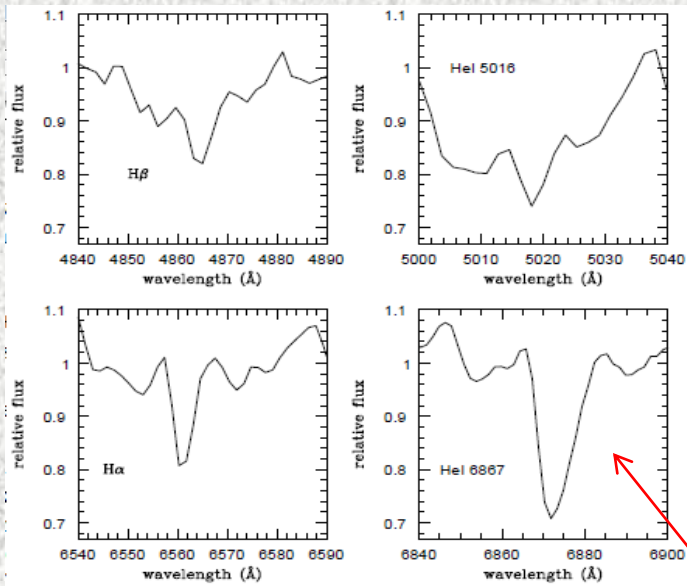
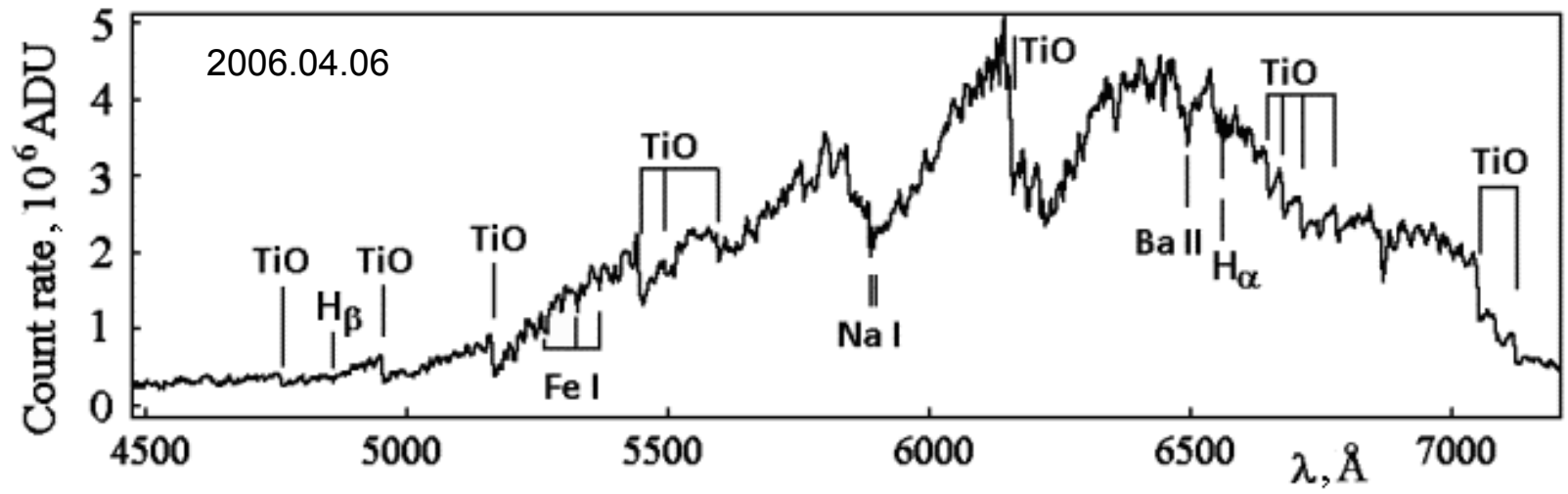
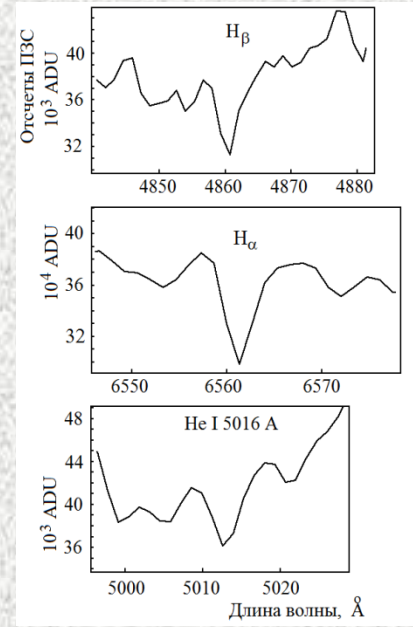


Fig. 2. The H β , He I 5016 Å, H α and He I 6867 Å line profile of HD 154791

Гауденци и Полкаро (1999):
 профили с широкой эмиссией и
 узким абсорбционным
 компонентом.

Те же профили в
 спектре Цейсс-1000/
 УАГС. Такие же
 профили у звезды
 класса M3 III SAO
 63349.

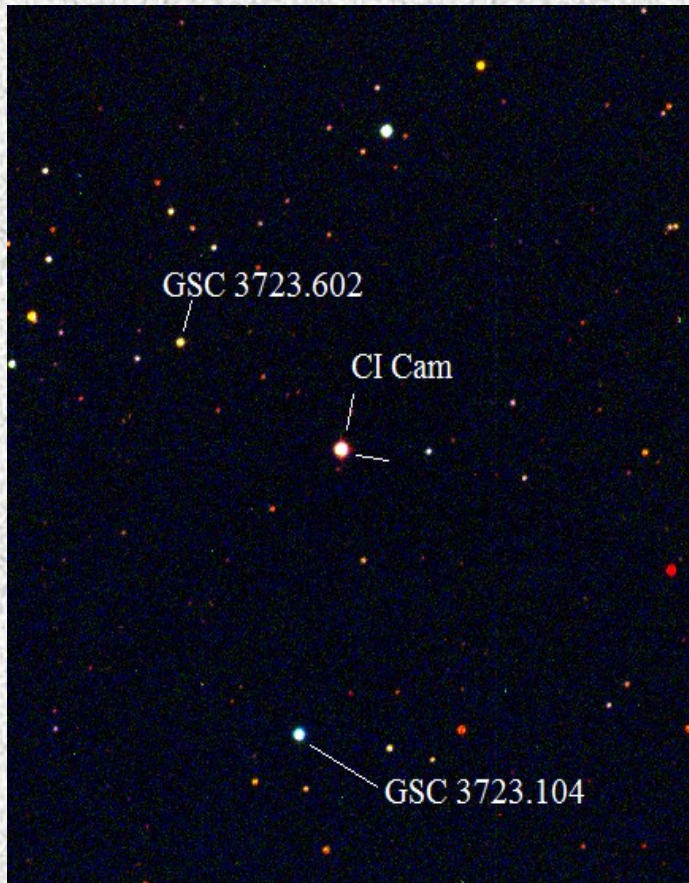


Это теллурическая полоса O₂

CI Cam = XTE J0421+560

Звезда типа B4 III-V[e] и белый карлик

Термоядерный взрыв на поверхности белого карлика в 1998 г.



Определение элементов орбиты белого карлика по эмиссии HeII 4686A

$$K_{wd} = 230 \text{ km/s}$$

$$\gamma = -51 \text{ km/s}$$

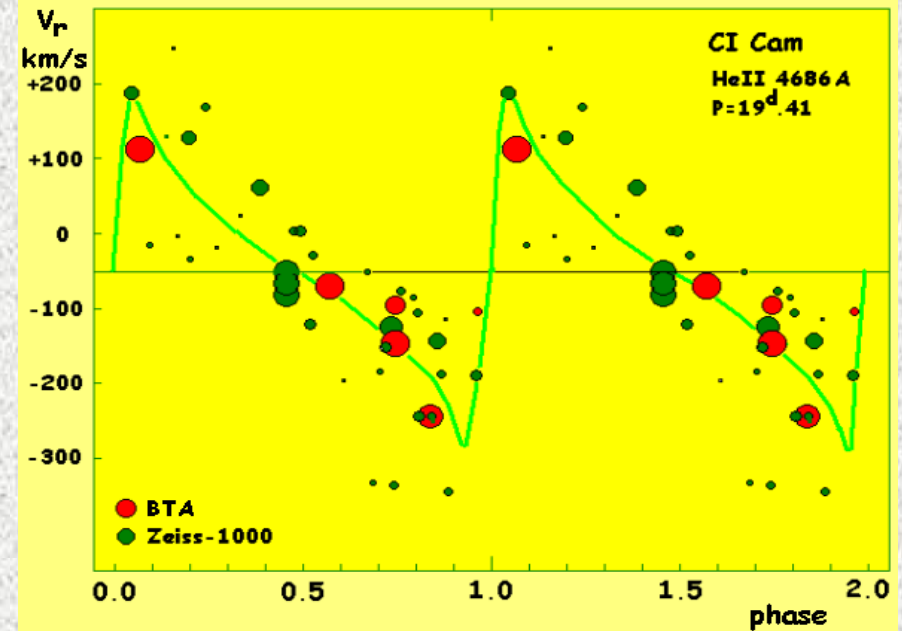
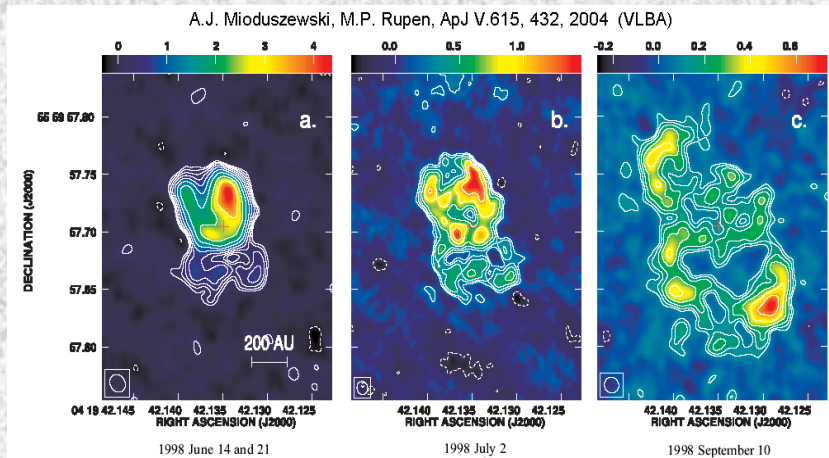
$$e = 0.62$$

$$p = 19.407 \text{ day}$$

$$T = \text{JD } 2452199.0$$

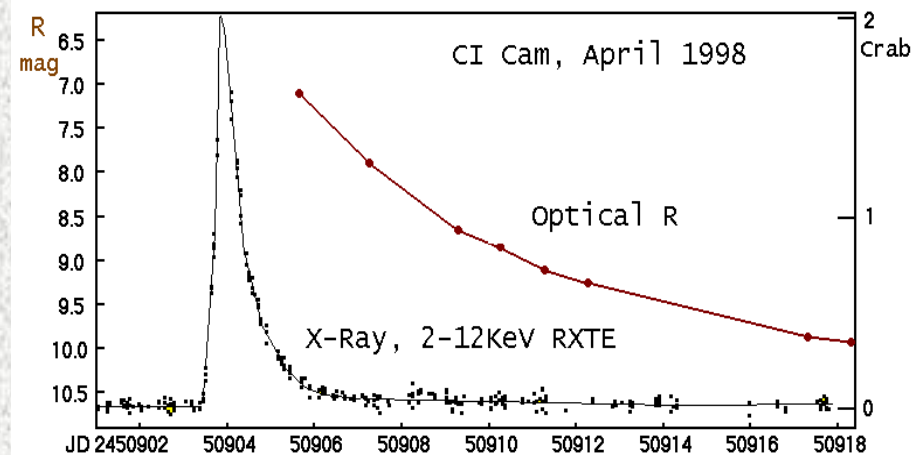
$$a \cdot \sin(i) = 48 \cdot 10^6 \text{ km}$$

$$F_{wd}(M) = 12 M_{\odot}$$

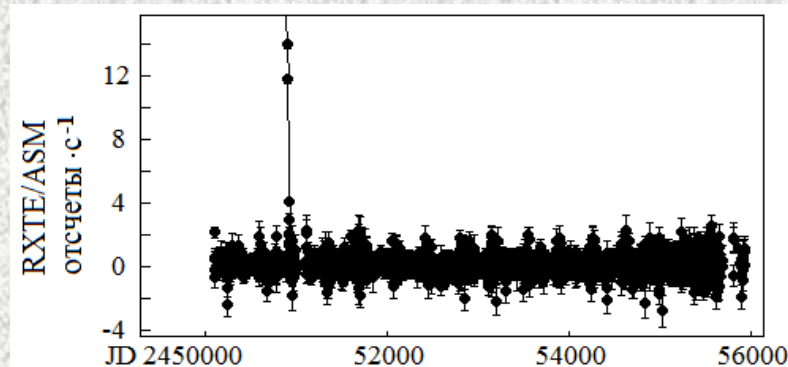
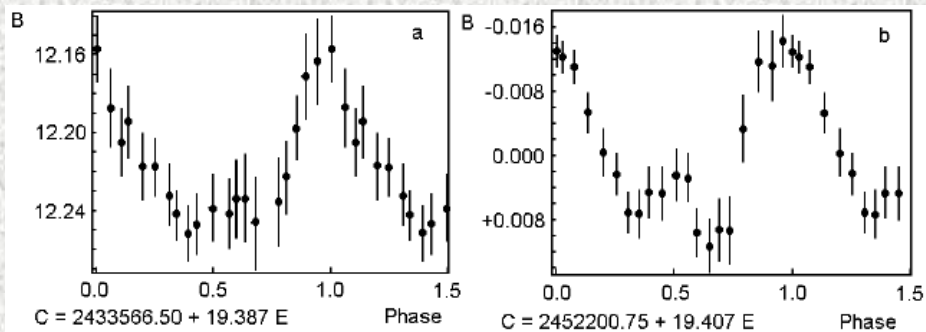
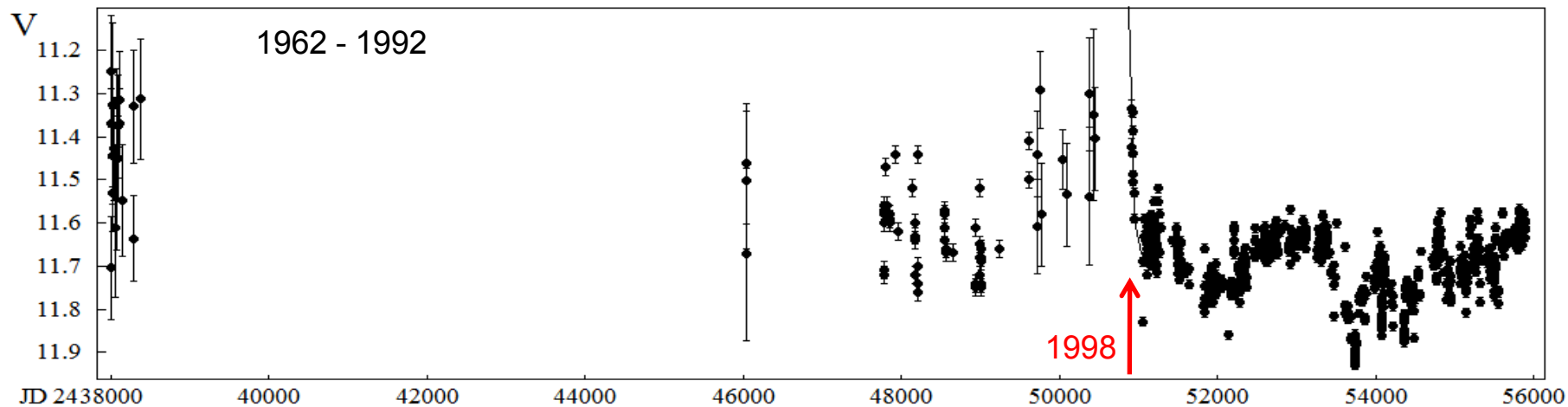


CI Cam:

исторические кривые
блеска и рентгеновского
потока



Вспышка в рентгене и оптике



Орбитальный период до и после вспышки 1998 г.

CI Cam:

ускорение в ветровых ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЯХ

Изменения профиля
линии [N II] со
временем после
вспышки 1998 г.
БТА/НЭС.

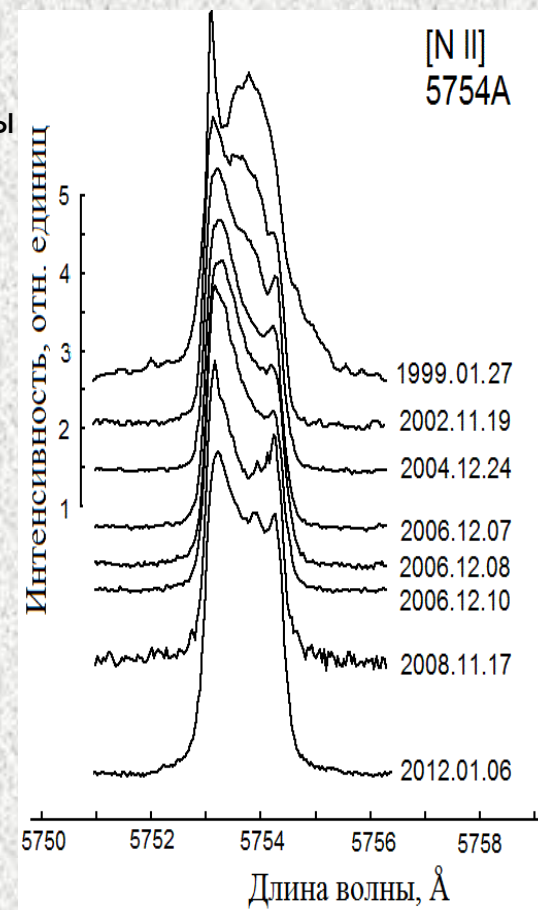
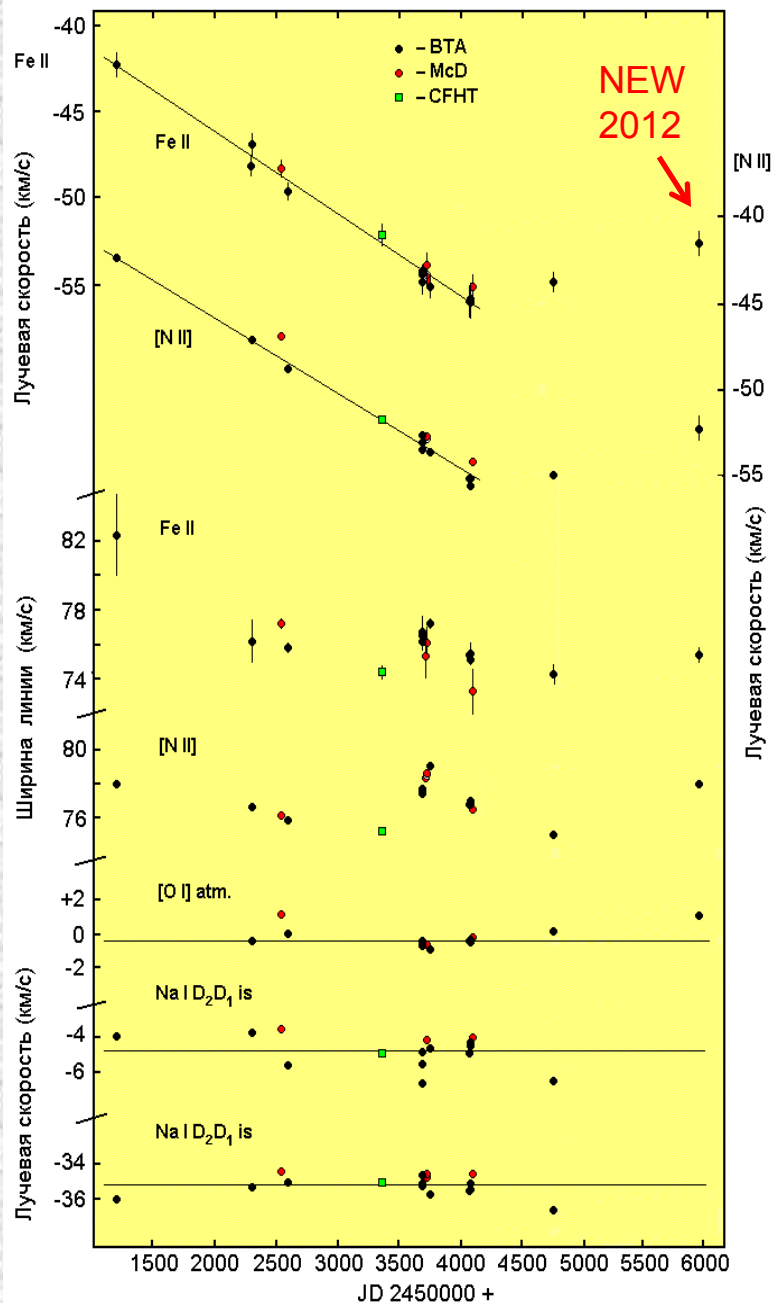
Профили совмещены
по центру.

Сверху вниз:

Лучевые скорости
–эмиссии Fe II;
–эмиссии [N II];

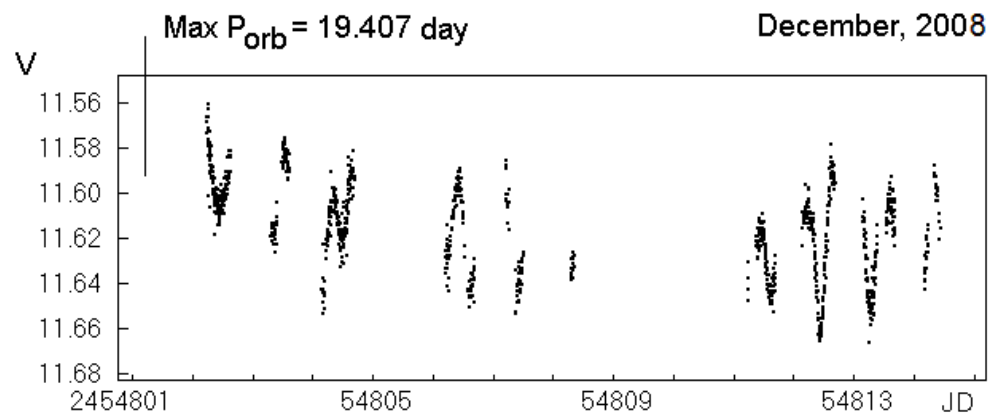
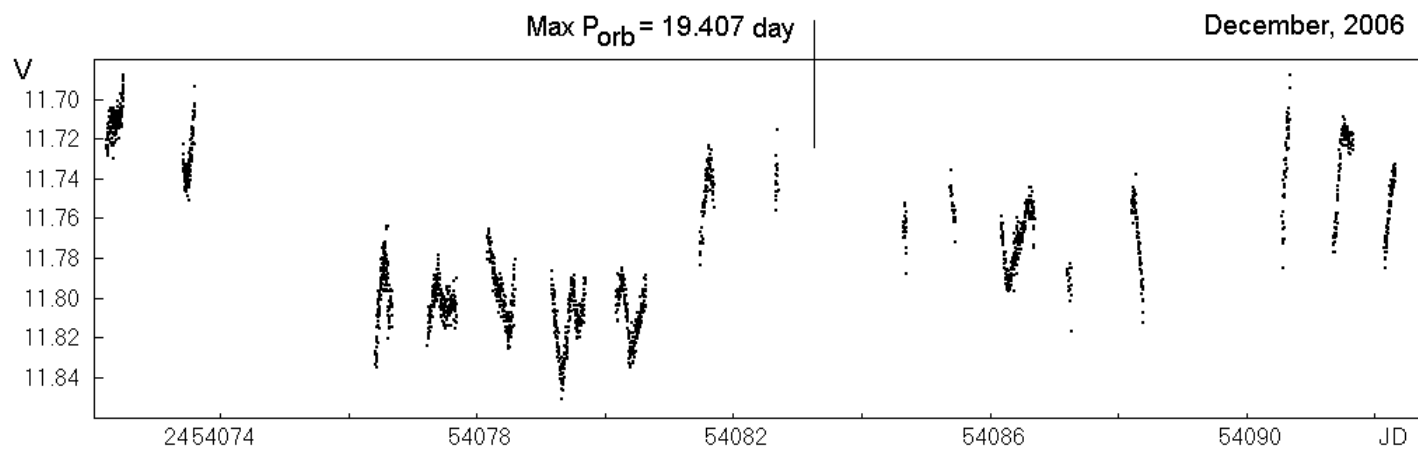
Ширина линии
–эмиссии Fe II;
–эмиссии [N II];

Лучевые скорости
–теллурическая [O I];
–компоненты
межзвездной линии
поглощения натрия



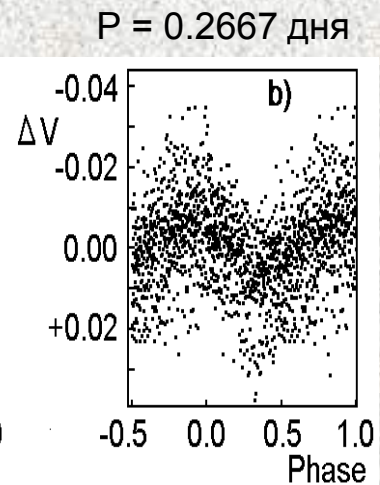
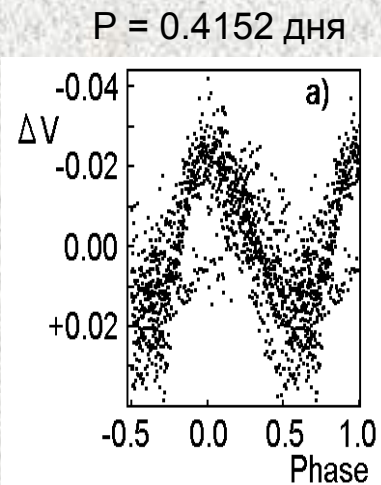
CI Cam:

открытие двухмодных пульсаций V[e]-звезды



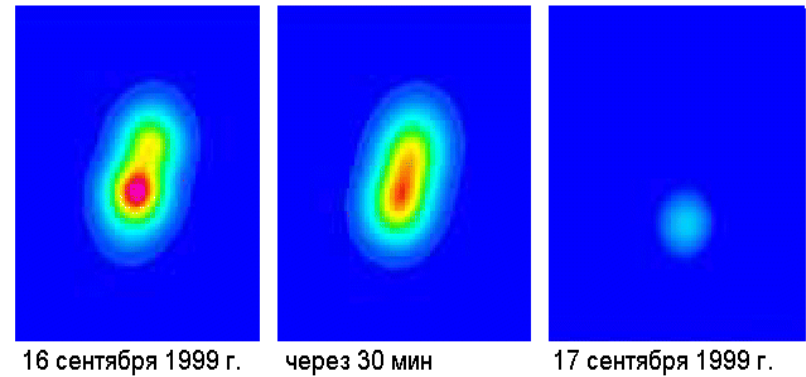
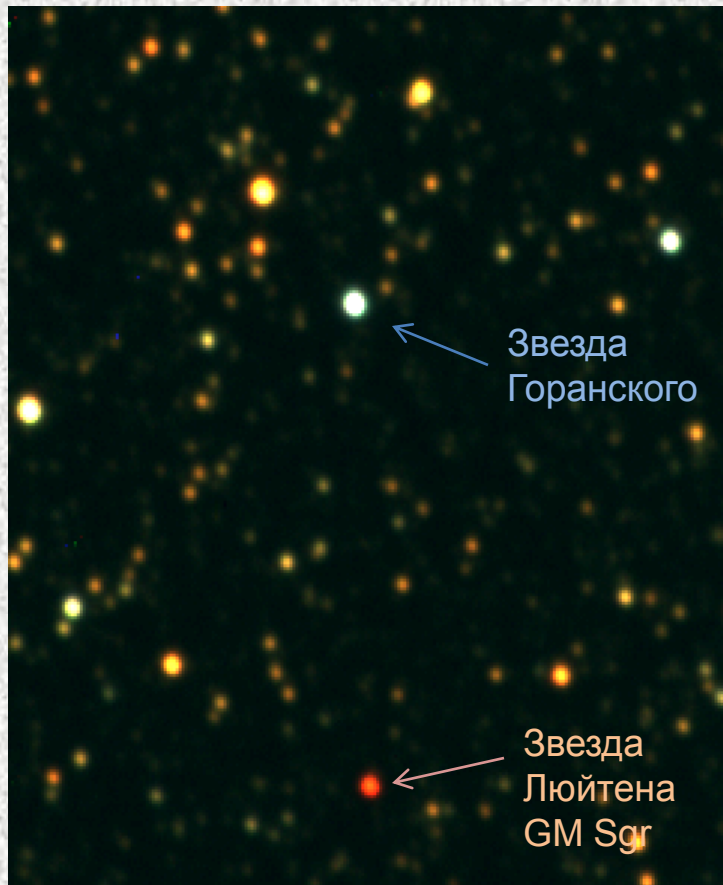
Кривые блеска, полученные в результате мониторинга.

Выделенные кривые блеска пульсационных мод

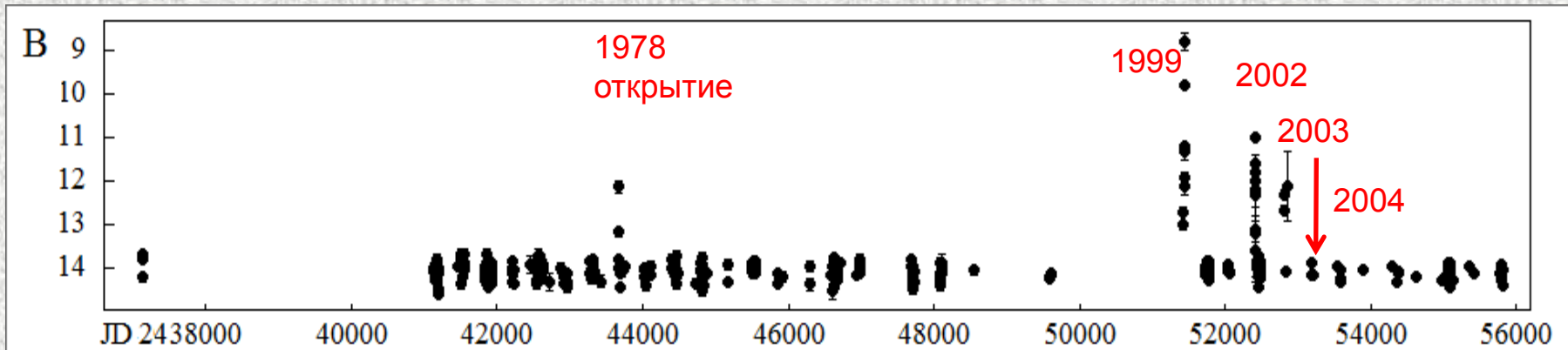


V4641 Sgr (SAX 1819.3-2525)

Звезда типа B9–A0 III с массой $6.5 M_{\odot}$ + черная дыра с массой $9 M_{\odot}$ на орбите с $P = 2.817$ дня



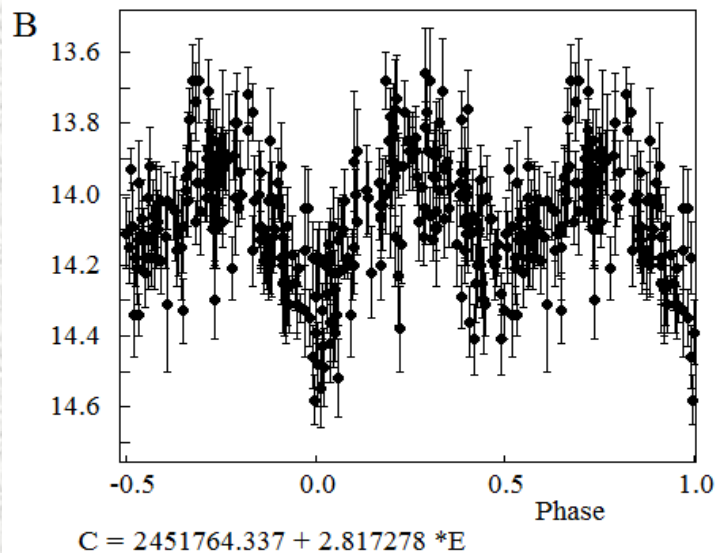
Радиоинтерферометрия на VLA , R.Hjellming, 1999



Историческая кривая блеска V4641 Sgr

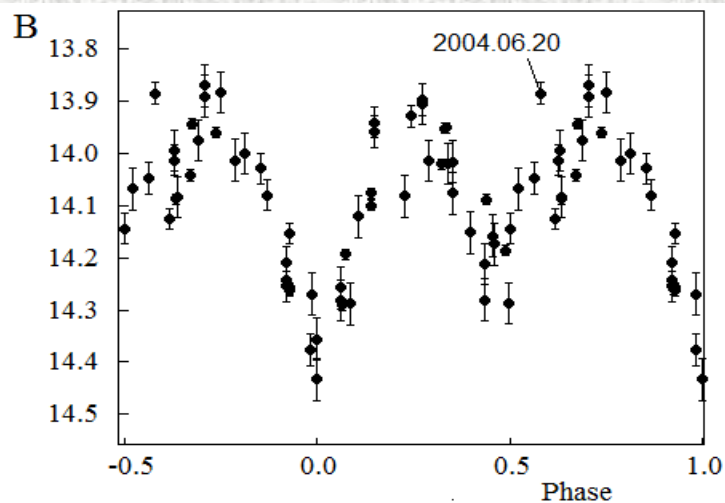
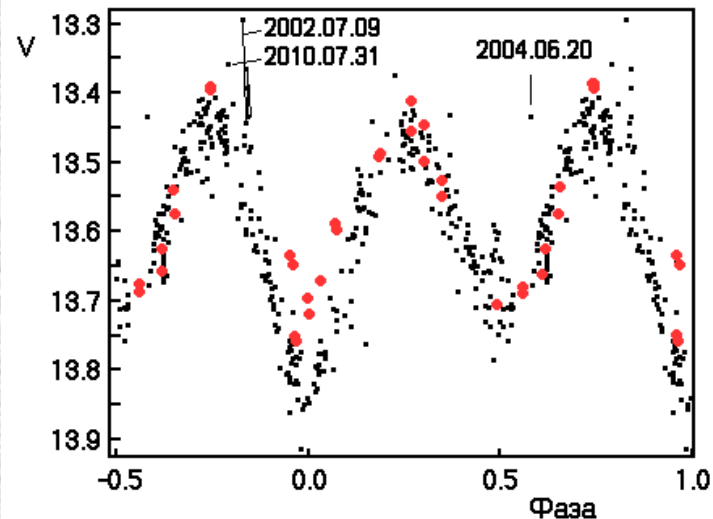
V4641 Sgr:

архивная фотографическая и многоцветная ПЗС-фотометрия

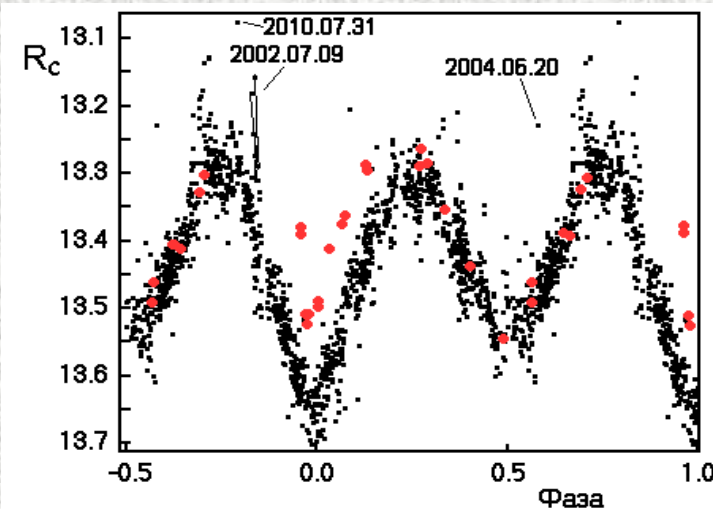


Появление
эффекта
отражения в
мае 2007 г.
(красные
кружки).

СВИФТ
обнаружил
слабое
переменное
рентгенов-
ское
излучение.



ПЗС-фотометрия в лучах В.



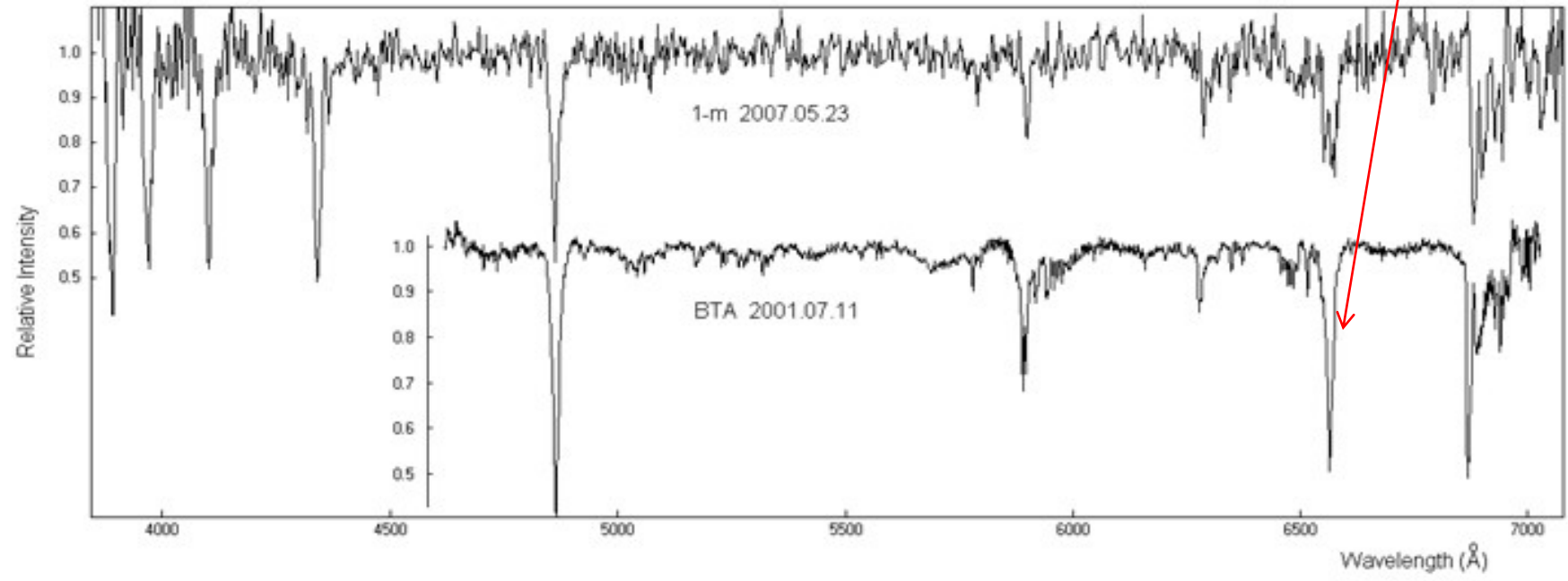
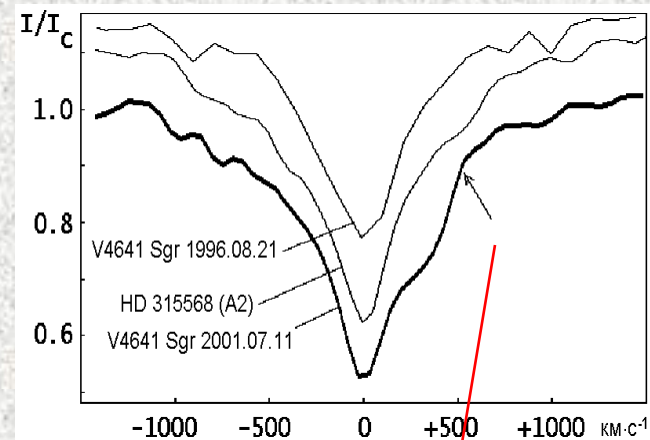
ПЗС-фотометрия в лучах V и R.
Всплески оптического излучения.

V4641 Sgr: спектроскопия

Вверху спектр, полученный на Цейссе-1000 с УАГС в фазе активности с эффектом отражения. Абсорбционная линия Н-альфа залита эмиссией.

Внизу спектр БТА/УАГС в неактивном состоянии в нижнем соединении черной дыры. В профиле Н-альфа видно поглощение газового потока около черной дыры.

Профили эмиссии Н-альфа V4641 Sgr в спокойном состоянии в элонгации (вверху) в нижнем соединении черной дыры, и контрольной звезды.



Наше исследование показало большое разнообразие свойств и явлений, связанных с наличием компактных компонентов различной природы в массивных рентгеновских системах.

Спасибо за внимание