

Исследование ультраяркого рентгеновского источника UGC6456 X-1

А. С. Винокуров, Ю. Н. Соловьева, А. Е. Костенков

Ультрарякие рентгеновские источники (Ultraluminous X-ray sources, ULX) являются переменными в рентгеновском диапазоне объектами, изотропная светимость которых превышает эддингтоновский предел для черных дыр звездных масс ($> 10^{39}$ эрг/с). ULX наблюдаются в галактиках до ~ 100 Мпк.

Тип аккретора неизвестен, за исключением 6 объектов, где происходит аккреция в сверх-Эддингтоновском режиме нейтронная звезда.

Основные модели ULX:

Сверхкритические аккреционные диски вокруг черных дыр звездных масс или нейтронных звезд в двойных системах, наблюдаемые близко к оси аккреционного диска.

Стандартные аккреционные диски вокруг черных дыр промежуточных масс (Intermediate Mass Black Holes, IMBH, $10^2 \div 10^4 M_{\odot}$) - за исключением нескольких случаев реализация такого сценария сейчас считается маловероятной.

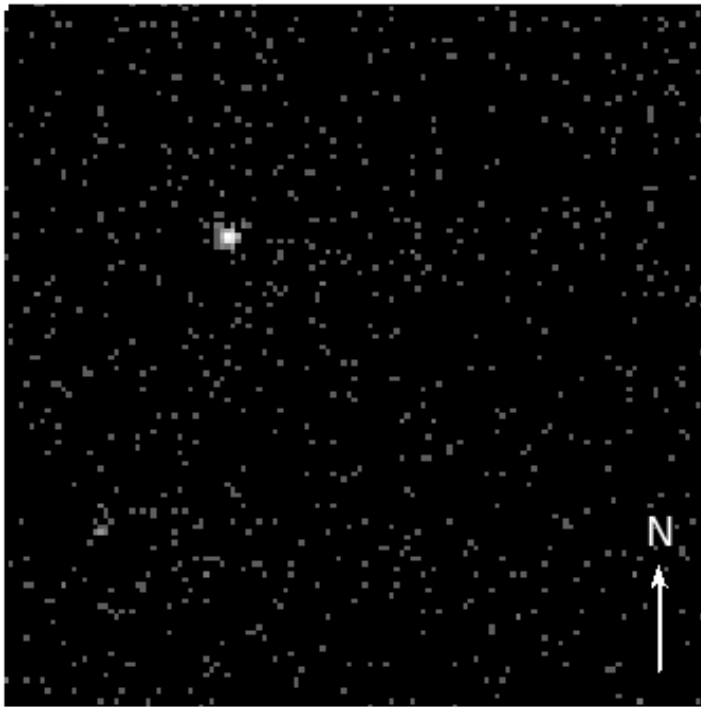
В любом случае требуется донор, способный обеспечить темп аккреции выше $\dot{M} \approx 2 \times 10^{-7} M_{\odot}/\text{год}$.

За последние пять лет по пульсациям рентгеновского потока открыты 6 ультраярких рентгеновских пульсаров (ultraluminous X-ray pulsar). Анализ рентгеновских данных других ULX не выявил пульсаций (Doroshenko et al. 2015), хотя это не может надежно говорить об отсутствии нейтронной звезды в системе.

На настоящий момент обнаружено около 500 кандидатов в ULX. Из них с оптическими источниками отождествлены около 50. В большинстве случаев отождествления не являются однозначными: в круг ошибок координат рентгеновских источников попадает несколько оптических источников. Менее 30 ULX имеют надежные оптические отождествления со звездообразными источниками. Более менее детально спектрально и фотометрически исследовано только около 10 объектов.

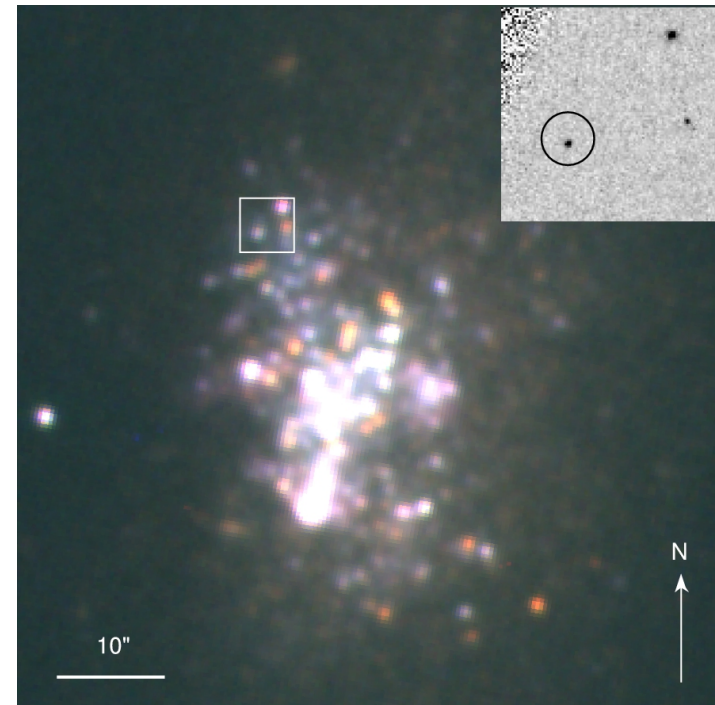
Оптические двойники ULX (отождествлено менее 20 объектов) имеют абсолютные звездные величины в диапазоне от -4^m до -7.5^m со средним значением -6^m . Спектры ULX являются, как правило, голубыми.

UGC6456 X-1. Оптический двойник



Изображение обсерватории Chandra (ACIS-S3).
Переменность в рентгеновском диапазоне >100 ,
пиковая светимость $\sim 2 \times 10^{40}$ erg/s (0.3-10 keV).

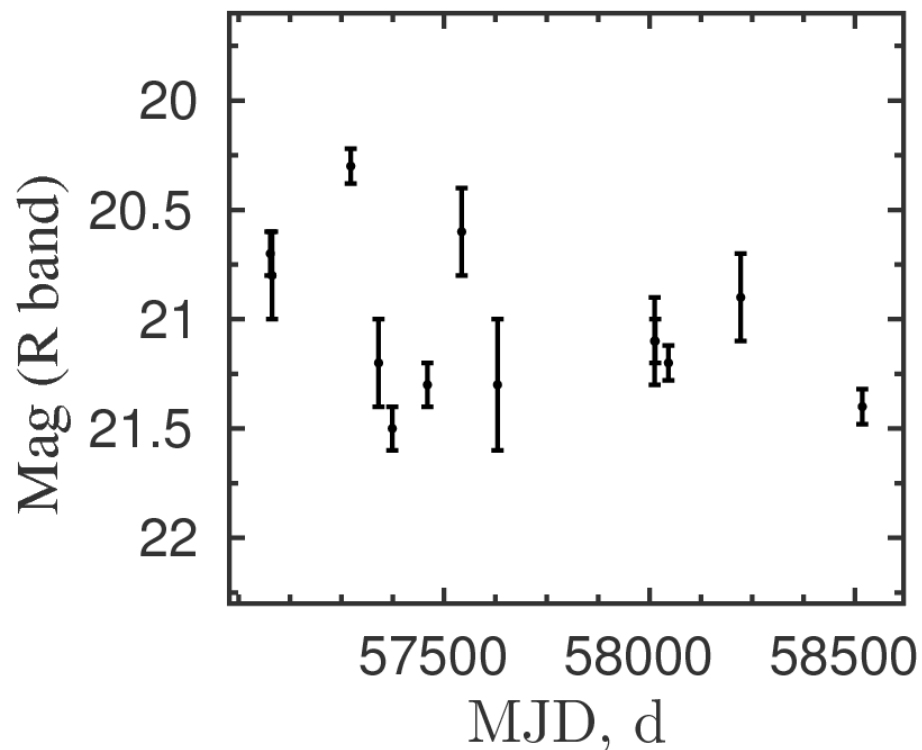
Видимая звездная величина источника по
данным HST составляет $m_V = 21.5$ mag, что с
учетом поглощения $A_V \approx 0.3$ mag соответствует
 $M_V = -7.0$ (для расстояния 4.3 Мпк).



Цветное изображение, построенное по данным
БТА/SCORPIO (фильтры B, V, R). На врезке
показано изображение HST в фильтре f555w (V).
Кружком 0.6" показано положение рентгеновского
источника.

Привязка изображения HST проводилась с
использованием GAIA DR2.

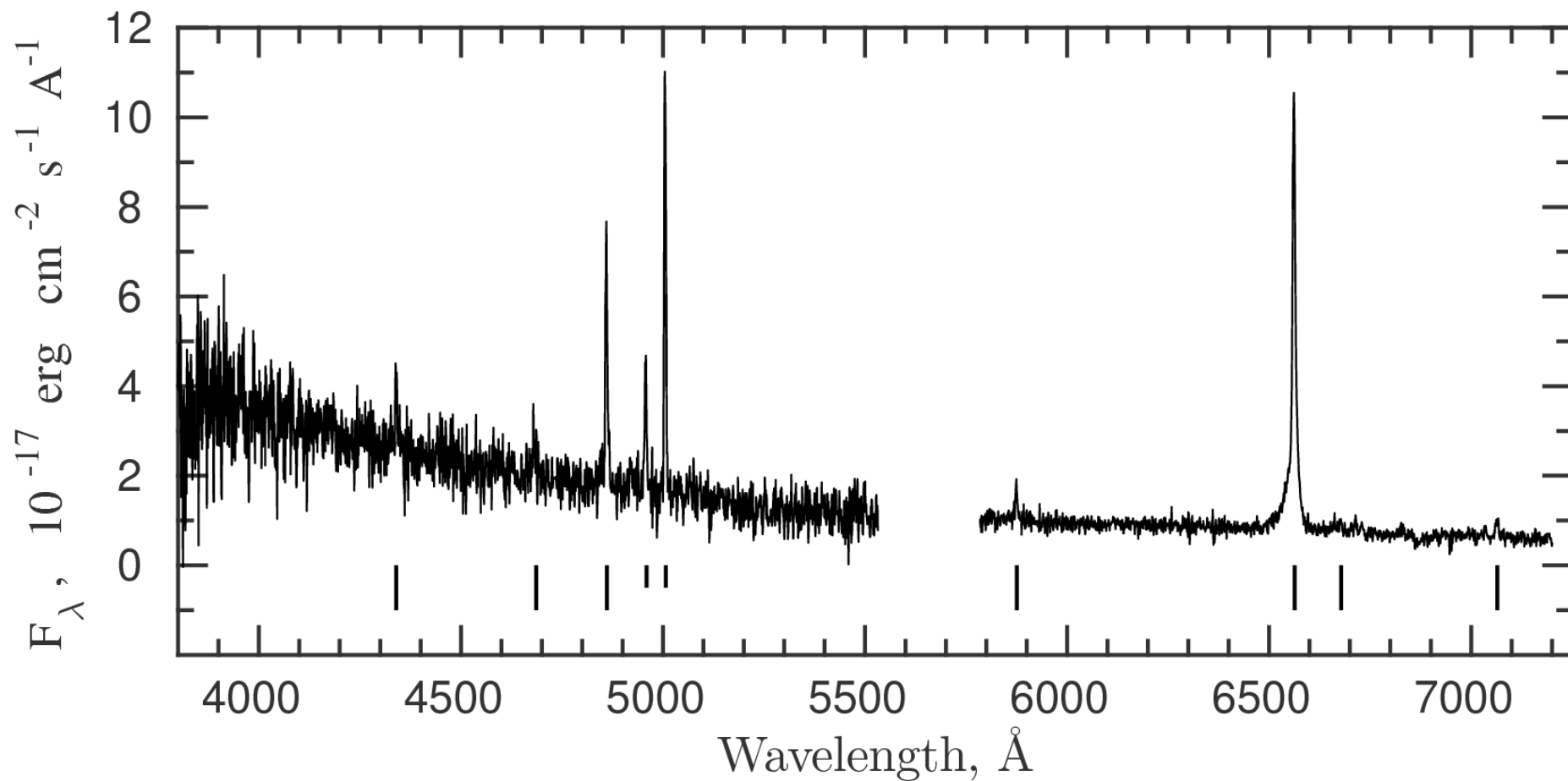
Одновременная со спектроскопией фотометрия на БТА/SCORPIO



Переменность составила около 1.2 звездной величины, от $m_R = 21.5$ ($M_V = -7.0$) до $m_R = 20.3$ ($M_V = -8.2$).

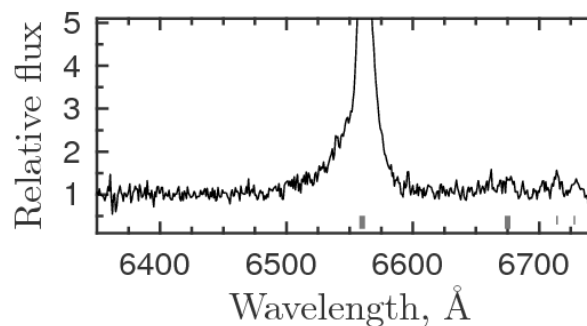
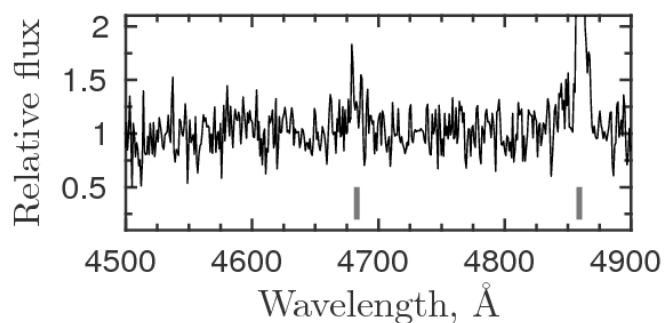
Всего 13 ночей объект наблюдался спектрально (с 2015 по 2019 гг), были получены спектры в разных диапазонах в интервале длин волн 3800 – 7500 Å. Одновременно со спектрами выполнялись фотометрические наблюдения, “контрольным” был фильтр R. Проведение спектральных и фотометрических наблюдений осложнялись невысокой яркостью объекта и тесным звездным полем.

Спектроскопия на БТА/SCORPIO

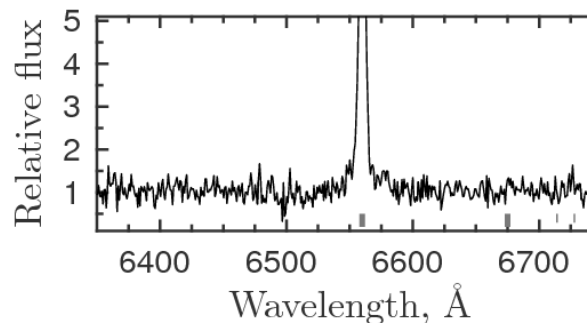
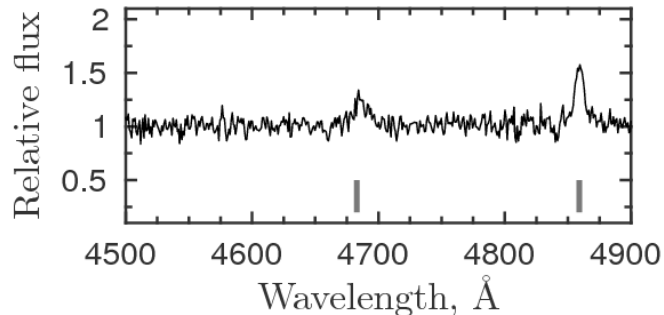


Спектры UGC6456 X-1, полученные в феврале 2015 года. Длинными штрихами показаны линии $\text{H}\gamma$, He II 4686, $\text{H}\beta$, He I 5876, $\text{H}\alpha$, He I 6678,7065, короткими штрихами отмечены линии туманности [O III] 4959,5007.

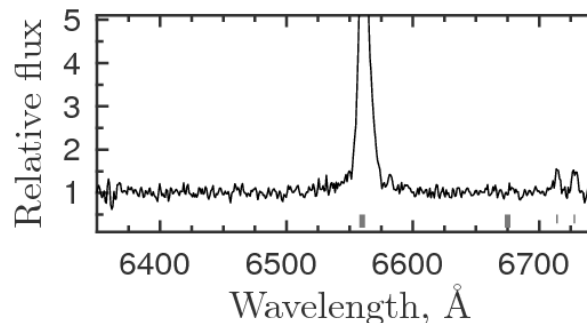
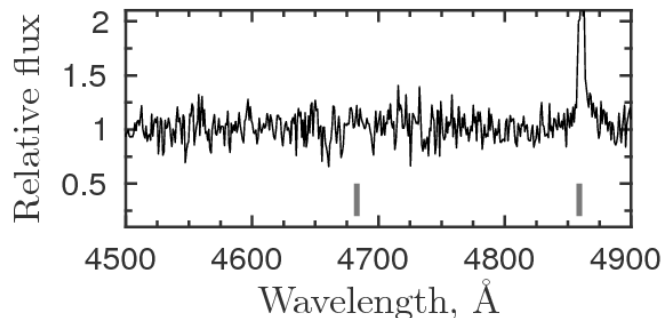
Переменность спектральных линий



R=20.8



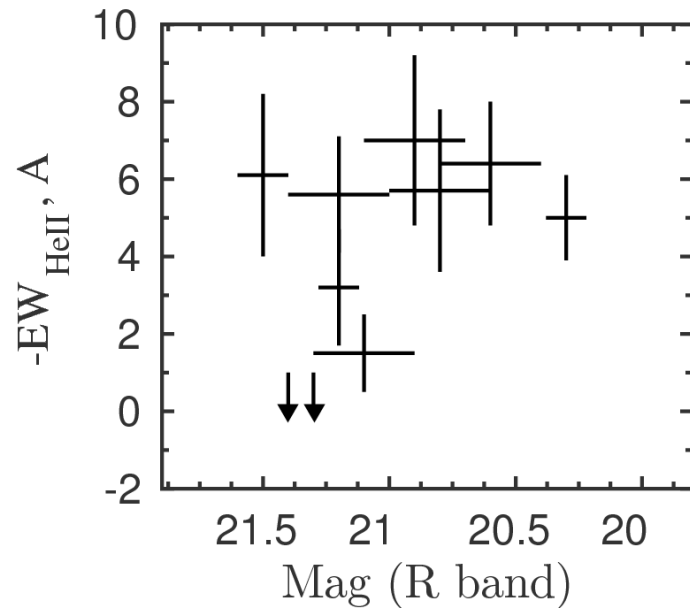
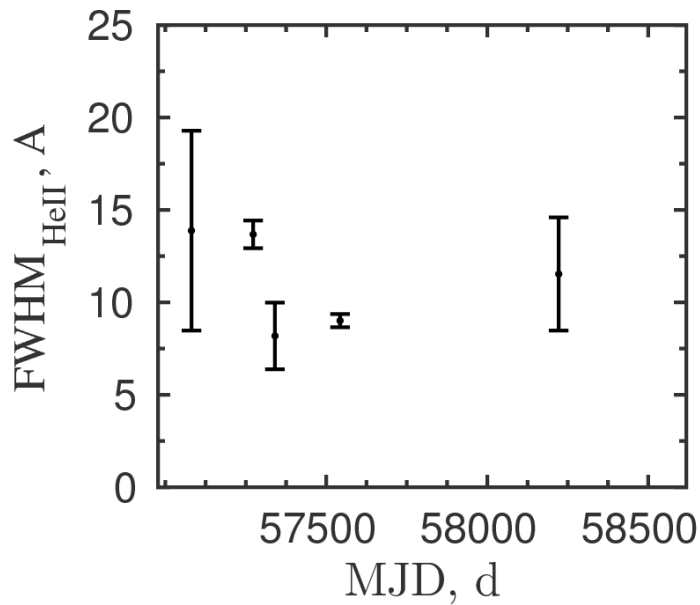
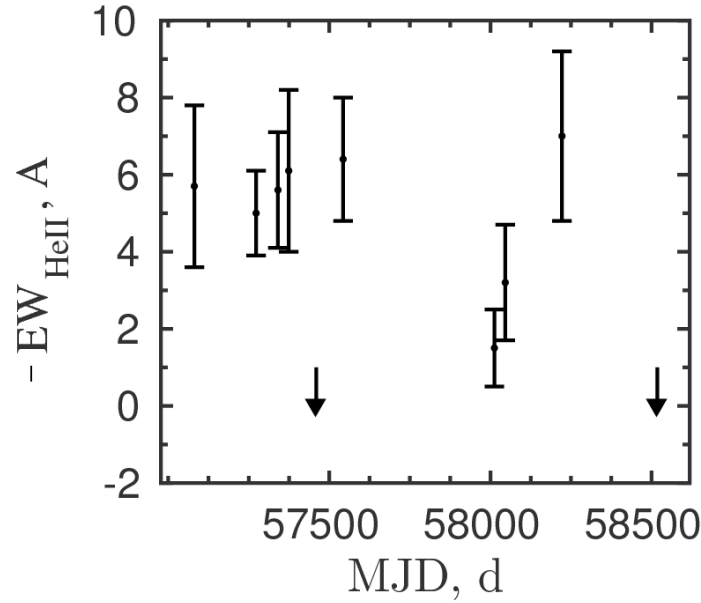
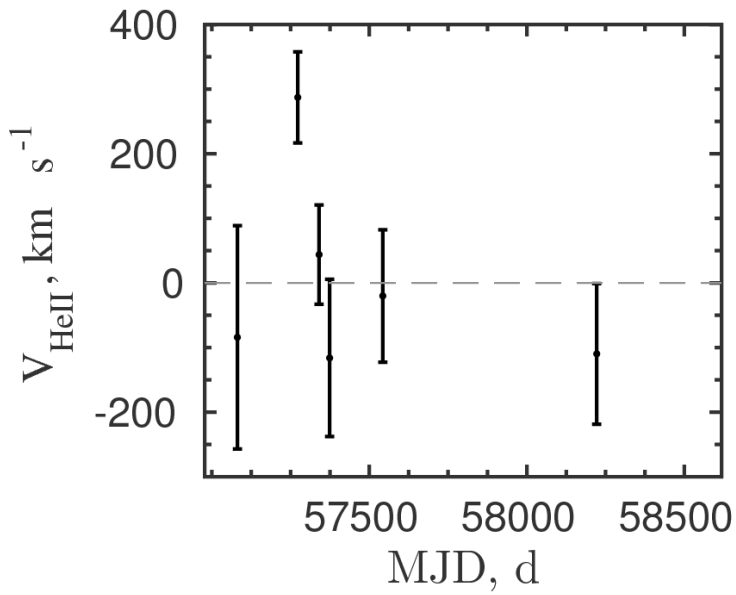
R=20.3



R=21.2

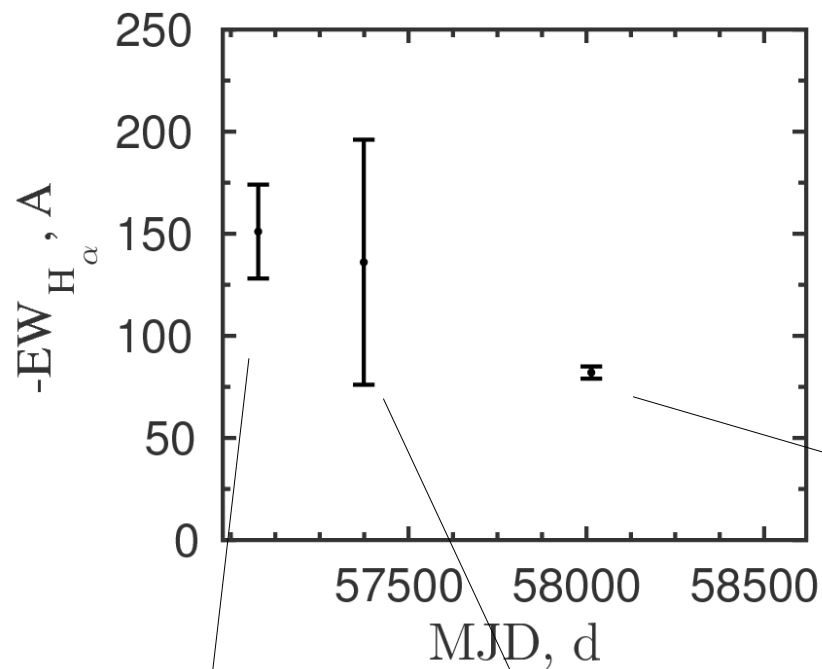
Голубой и красный спектры, полученные на гризмах 1200G и 1200R (БТА/SCORPIO). Сверху вниз: 27 и 23 февраля 2015, 7 сентября 2015, 15-16 и 17 сентября 2017. Справа показаны соответствующие звездные величины объекта в фильтре R. Длинными штрихами показаны линии HeII 4686, H β , H α , HeI 6678, короткими штрихами показаны линии туманности [SII] 6717,6731

Переменность параметров эмиссии HeII 4686

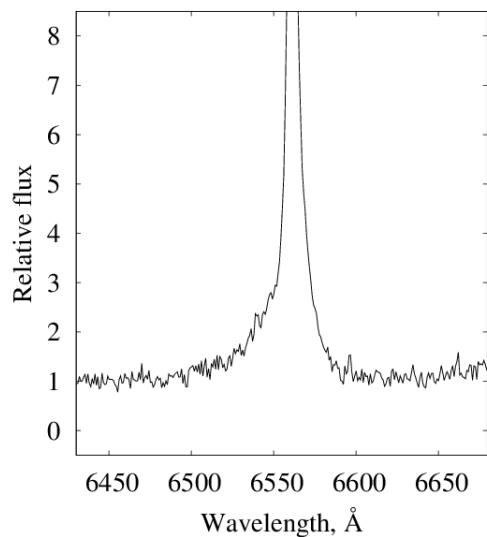


Кривая лучевых скоростей V_{HeII} , переменность эквивалентной ширины HeII, ширины линии $\text{FWHM}_{\text{HeII}}$ и изменения эквивалентной ширины от блеска объекта. Стрелки – верхние пределы.

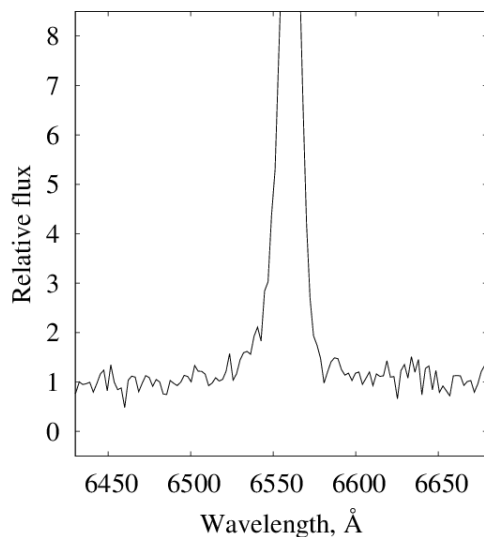
Переменность профиля эмиссии $H\alpha$



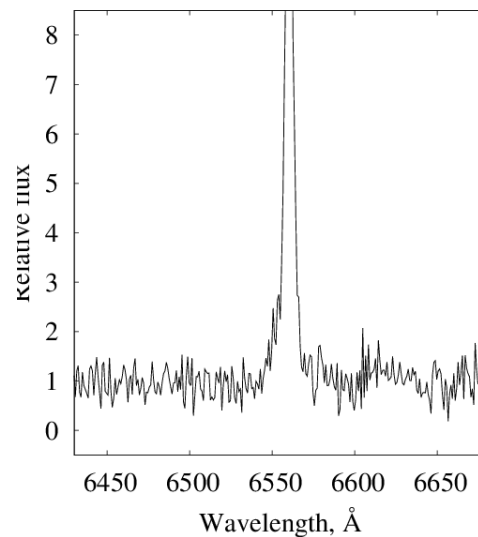
Изменения эквивалентной ширины $EW_{H\alpha}$. В большинстве наблюдений не удается отделить излучение узкой компоненты собственной линии объекта от линии фоновой туманности.



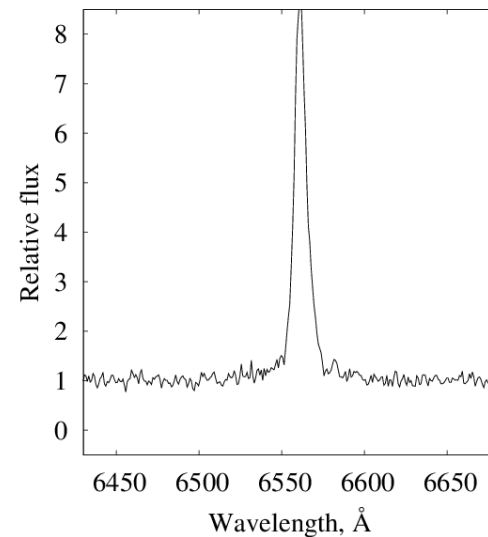
Спектральное разрешение 5.5 Å,



13 Å

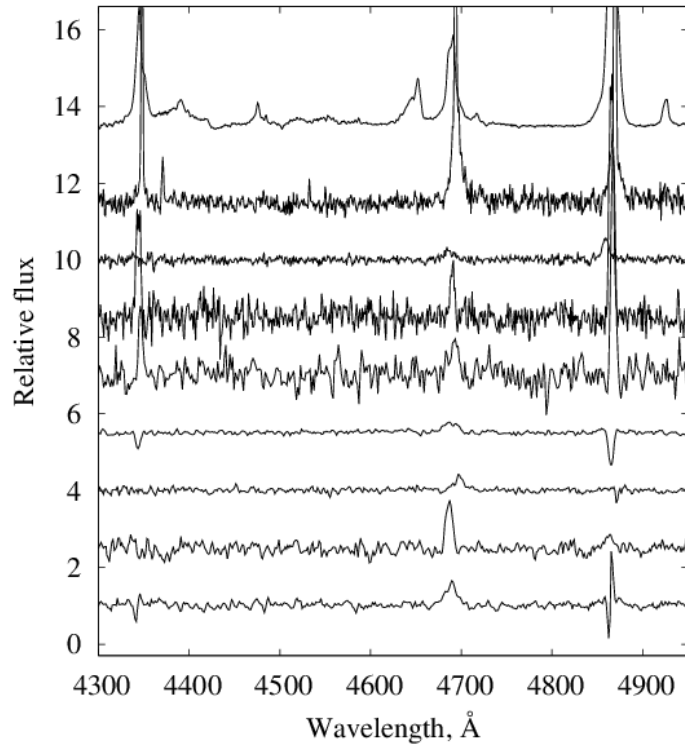


5.5 Å



5.5 Å

Сравнение с другими спектрально исследованными ULXs

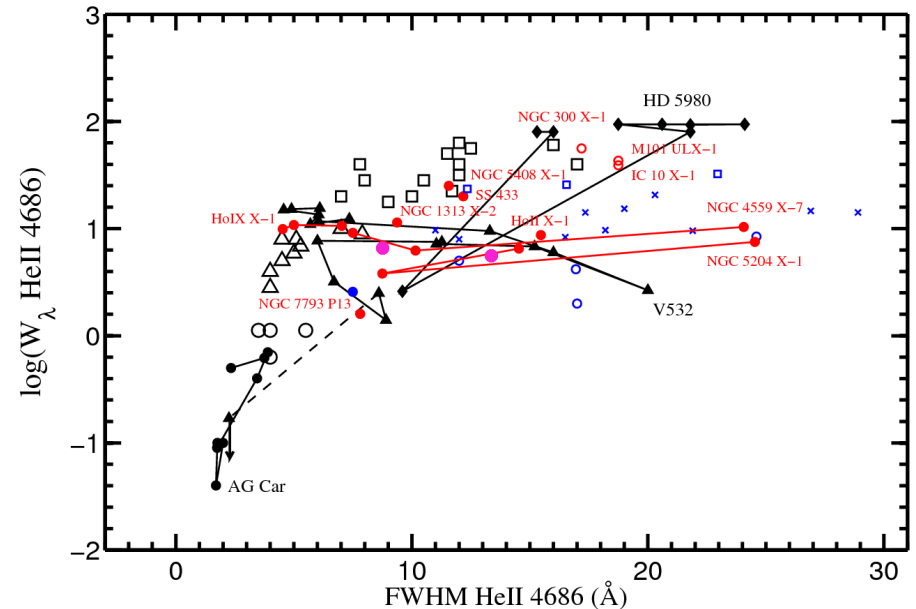
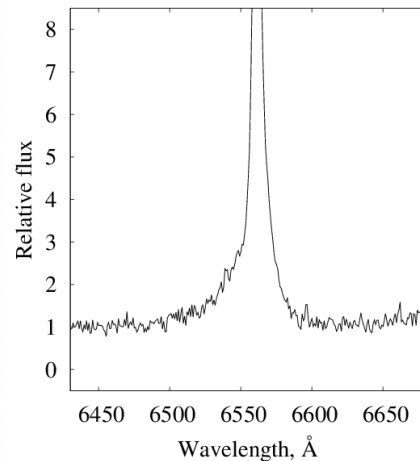
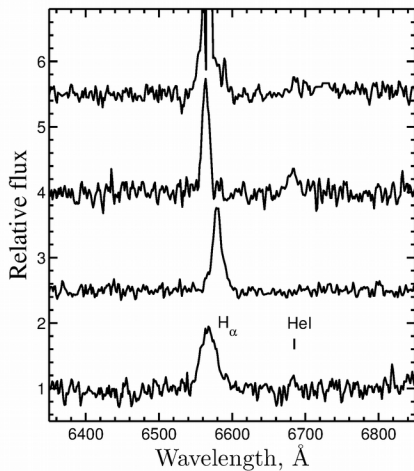


Сверху вниз: SS433, NGC5408 X-1, UGC6456 X-1, NGC4395 X-1, NGC1313 X-1, NGC5204 X-1, NGC4559 X-7, HolmbergIX X-1, HolmbergII X-1.

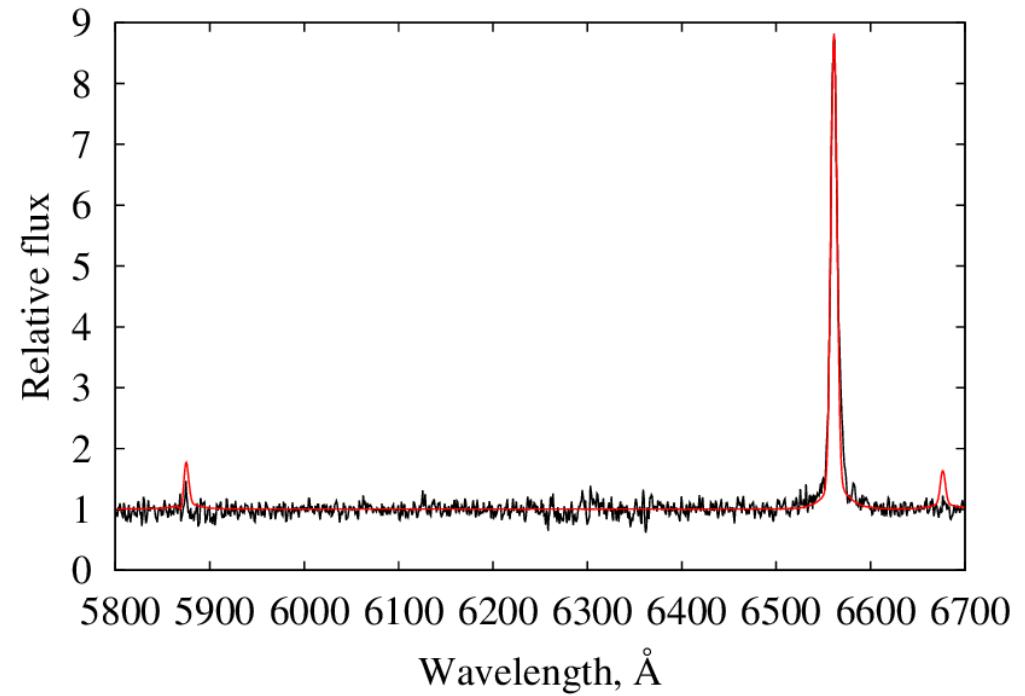
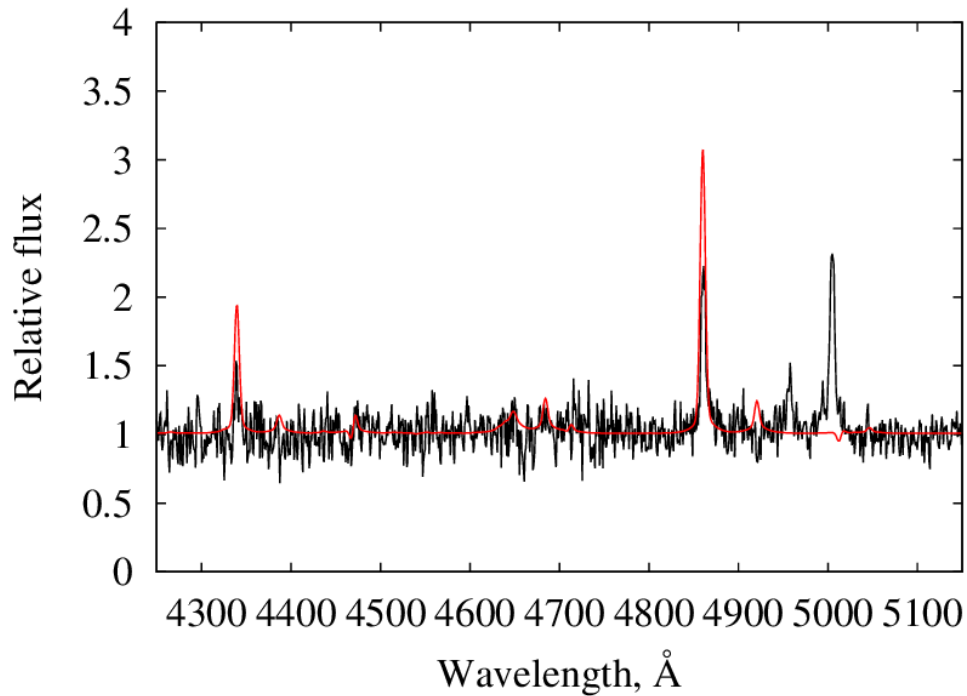
Эквивалентные ширины и ширины HeII 4686 и H α :

UGC6456: -EW_{HeII} от >1 до 7 Å, FWHM_{HeII}=500÷900 km/s
 - EW_{H α} до 150 Å, FWHM_{H α} ~300 km/s (total line)
 и до 1200 km/s (width component)

ULXs : < -EW_{HeII} > \approx 9 Å, FWHM_{HeII}=400÷1400 km/s
 < -EW_{H α} > \approx 25 Å, FWHM_{H α} =600÷1400 km/s (width component) (Fabrika et al. 2015)



Моделирование спектра с помощью CMFGEN



Ветра ULX похожи на ветер SS433, ветра WNe и LBV (Fabrika et al. 2015). Это дает нам возможность применить те же не LTE-коды моделирования спектров, что используют для WR звезд и LBV.

Модельные значения температуры фотосферы ветра и темпа истечения газа: $T \approx 22500$ K, $\dot{M} \approx 2.5 \times 10^{-5} M_{\odot}/\text{yr}$

Спасибо за внимание