

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ВЕ ЗВЕЗДЫ ХЕРБИГА AS 310

Исмаилов Н.З., Алышев С.А., Исмайылова Ш.К.,
Гусейнова Ф.С.

*Шамахинская Астрофизическая Обсерватория им.Н.Туси,
пос.Ю.Маммадалиева, Азербайджан, AZ 5626
Батабатская Астрофизическая Обсерватория, Нахичеванская АР,
Азербайджан*

ismailovnshao@gmail.com

Доклад на Всероссийской конференции «Физика звезд: теория и наблюдение»
Москва, ГАИШ, 26-30 июня, 2023 г.

* Основные аспекты доклада

Массивные звезды типа Вe Хербига (HBe)- почему они интересны?

Общая информация о HBe звезды AS 310

Фотометрические BVRCic наблюдения в ШАО

Переменность блеска и цветовых показателей

Результаты статистического Фурье-анализа

Результаты спектральных наблюдений AS 310

Итоги

* Разновидности молодых звезд

Звезды типа Т Тельца (TTS), $0.3 \leq M/M_{\odot} \leq 2.5$, Joy (1945-1950)

Имеются подгруппы CTTS и WTTS , показывают в основном два типа активности: протопланетный диск, магнитосферная аккреция и ветер;
Хромосферная активность

Звезды типа Ae/Be Хербига (HAeBe), $2.5 \leq M/M_{\odot} \leq 10-12$ Herbig (1960), это звезды промежуточных масс

Имеются подгруппы HAe и HBe

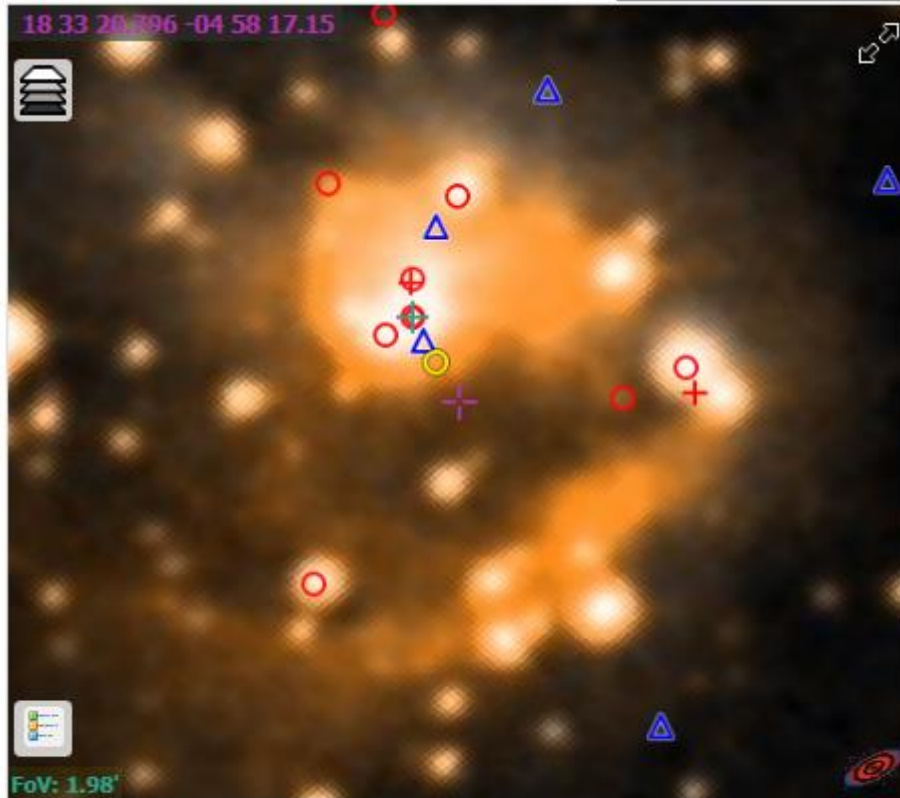
Вопросы магнитного поля (?), Есть ли магнитосферная активность (?)

Мощные протопланетные диски (какие механизмы диссипации?)

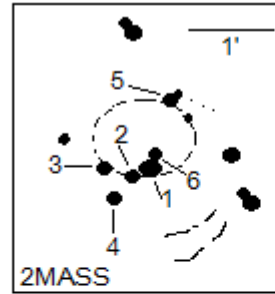
Новые данные по HBe $12 \leq M/M_{\odot} \leq 40$, Verhoeff et al.(2012), Guzman-Diez et al.(2021). Когда теряется феномен HBe? Верхний предел массы?

References AS 310	Teff, K	Log g [cm s ⁻²],	D, pc	A _v	Log L*/L _⊙	R*, R _⊙	M*, M _⊙	Age, Myr	Sp	EW H α
Wich et al 2020	26000	4.4	2110	3.86	4.13	5.7	11.6	0.07 \pm 0.08	B1e	
Verhoeff et al 2012	25100		2500	3.7	4.23	6.8	12		B1e	
Vioque et al 2020	24 500		2110	4.13	4.17		11.9	0.06		-8.89
Testi et al 1998	30900		2500		4.55				B0	
Brooke et al 1993			2500	3.9					B2+B5	
Manoj 2006 et al	25100		2500	6.06	5.21		>6.00	<0.01	B1	-7.7 -5.0
Hernandez 2004 et al	25100		2500	4.1, 6.6	4.43 5.43		14.5, 43.5	0.02 0.01	B1, B0, B-A	-7.7
Guzman_Diaz 2021 et al	28000		2380	4.0	4.34	6.32	14.4	0.05	B0	
Henning 1994	30900		2500	4	3.0		30		B0	

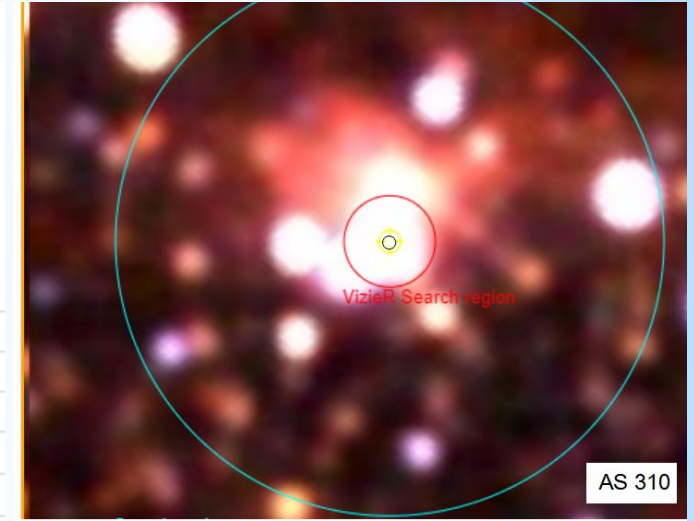
* Оклозвездное окружение AS 310



AS 310 Cluster



1	AS310	18 33 21.515	4 58 5.54
2	NAME SH 2-61 2	18 33 21.515	4 58 8.45
3		18 33 21.885	4 58 5.54
4		18 33 21.846	4 58 15.72
5	Gaia DR3 4256460513326358656	18 33 21.814	4 57 49.54
6	2MASS J18332120-0458013	18 33 21.126	4 58 0.18



RA=18 33 21.19 ,
 DEC= -04 58 05.97
 V=12.56 mag



ВУРСис фотометрия в ШАО

Телескоп Zeiss-600, Кассегрен
 $F=7500$ mm, $A=1:12.5$

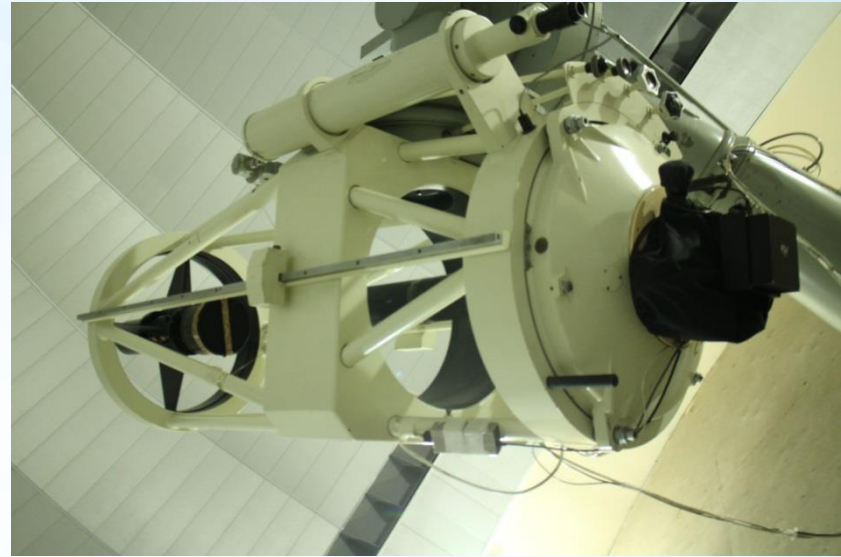
CCD FLI 4Kx4K , $\text{px size } 9 \mu\text{m}$,
полезное поле $17' \times 17'$

Bin 2x2 и 4x4 разрешение $0.49''/\text{px}$
и $0.99''/\text{px}$, соответственно

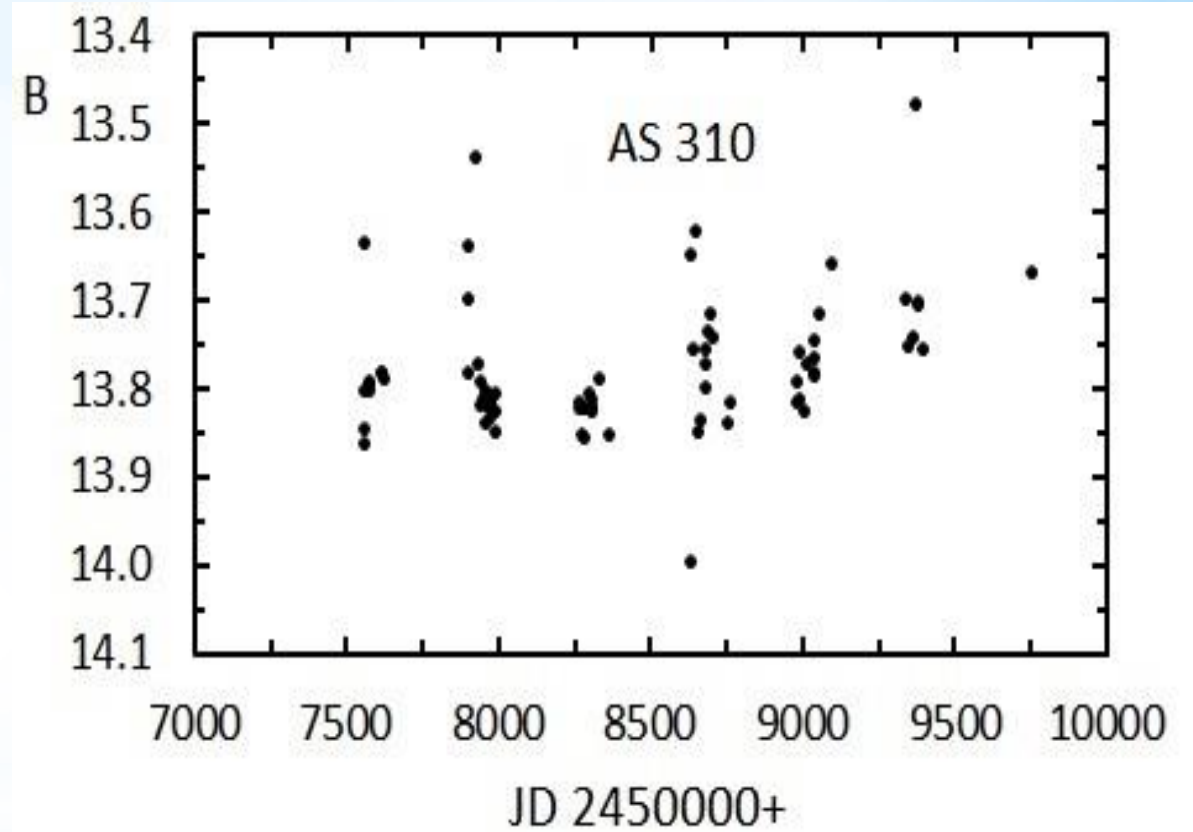
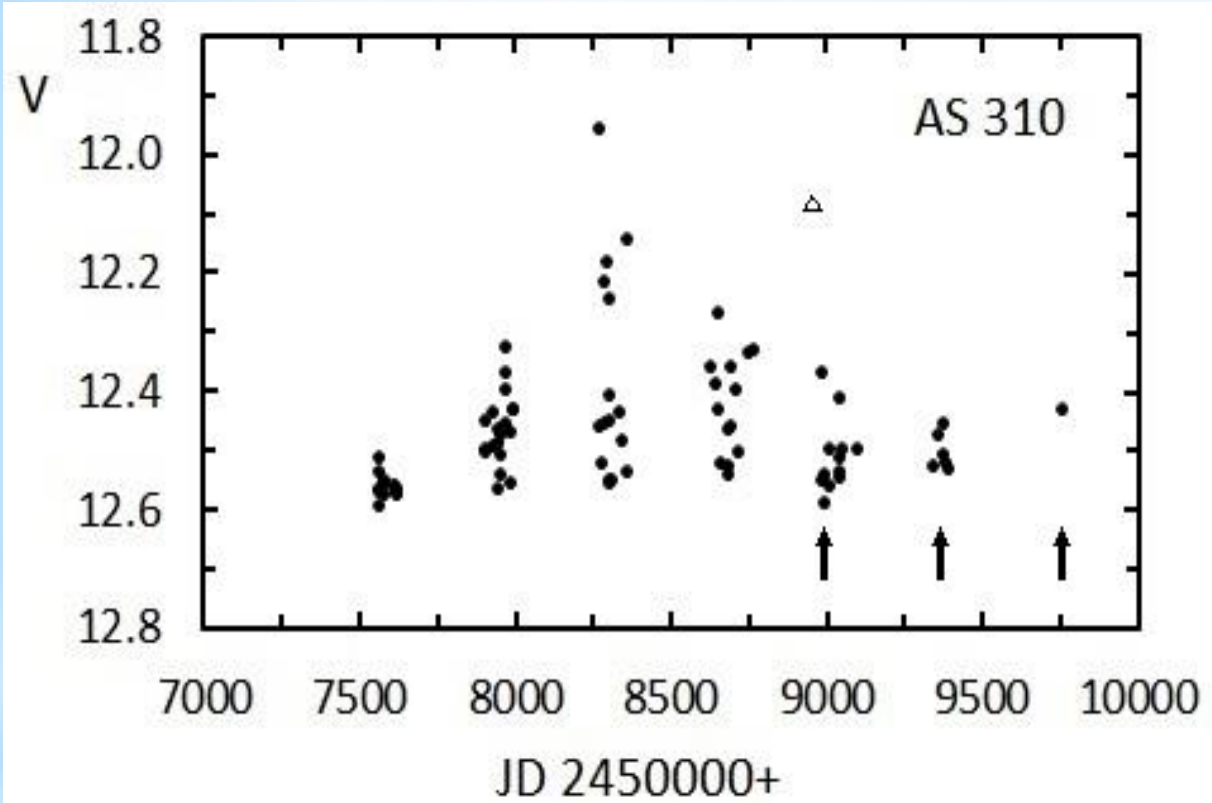
Abdullayev et al. (2012), Valiyev et
al.(2022).

Standard rms ± 0.02 B, ± 0.008 V ,
 ± 0.005 Rc, ± 0.009 Ic

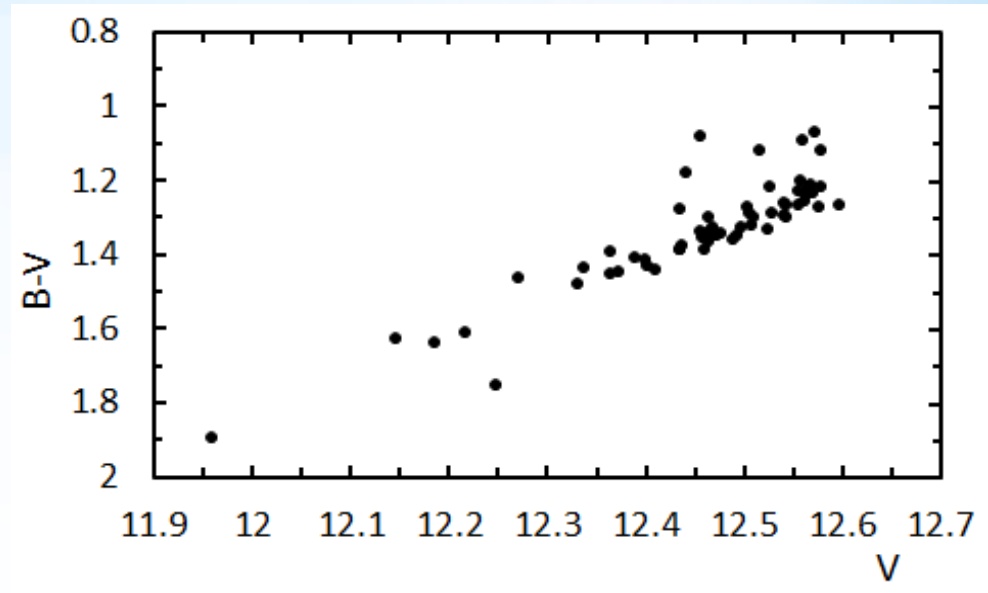
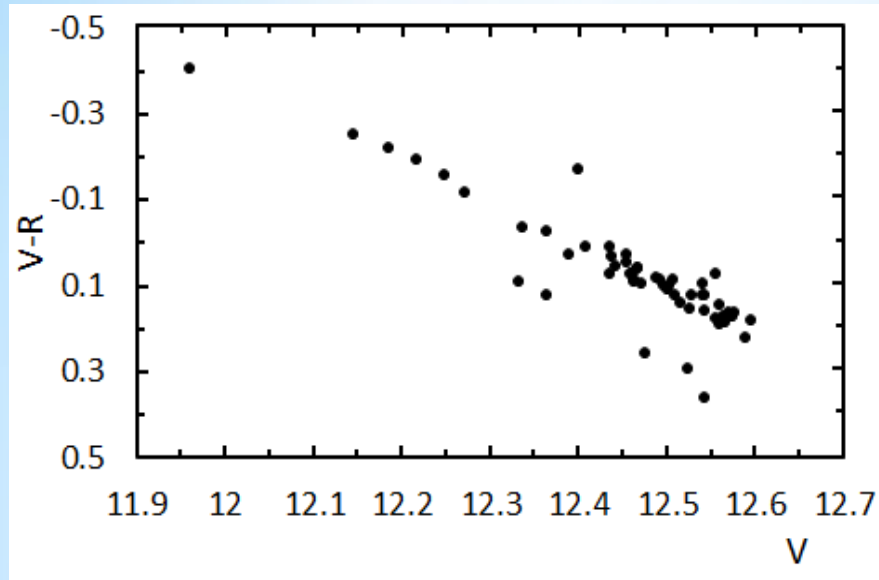
По соседним звездам отобраны
стандарт и контроль;



* Фотометрия



Цветовые диаграммы



$dV \sim 0.6$ mag, $d(V-R) \sim 0.8$ mag, $d(B-V) \sim 0.9$ mag, $d(V-i) \sim 0.6$ mag

Когда V -величины уменьшаются, звезда краснеет, что связано с сильным избыточным IR излучением

$B-V$ $(B-V)_0 = -0.21$, $(V-R)_0 = -0.094$, $(V-I)_0 = -0.23$

$dV \sim 0.6$ mag, $d(V-R) \sim 0.8$ mag, $d(B-V) \sim 0.9$ mag, $d(V-I) \sim 0.6$ mag

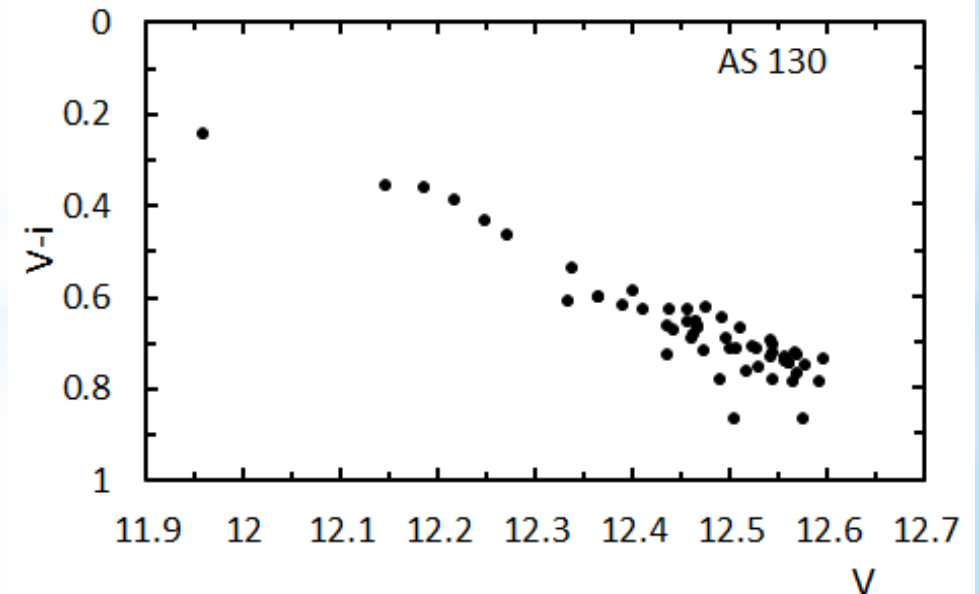
$B-V$ 1.0 - 1.9, $V-R$ -0.4 - 0.4, $V-I$ 0.2 - 0.9

$E(B-V) = B-V - (B-V)_0 = 1.218$ & 2.11

$A_V = R E(B-V) = 3.75$ & 6.54 mag

$V_0 = 12.6$ mag (рис.1), и расстояние до кластера 2500

пс



* Некоторые параметры

$E(B-V) = B-V - (B-V)_0 = 1.21$ и 2.11

$A_V = RE(B-V) = 3.75$ и 6.54

$V_0 = 12.6$ mag, $D = 2500$ пк

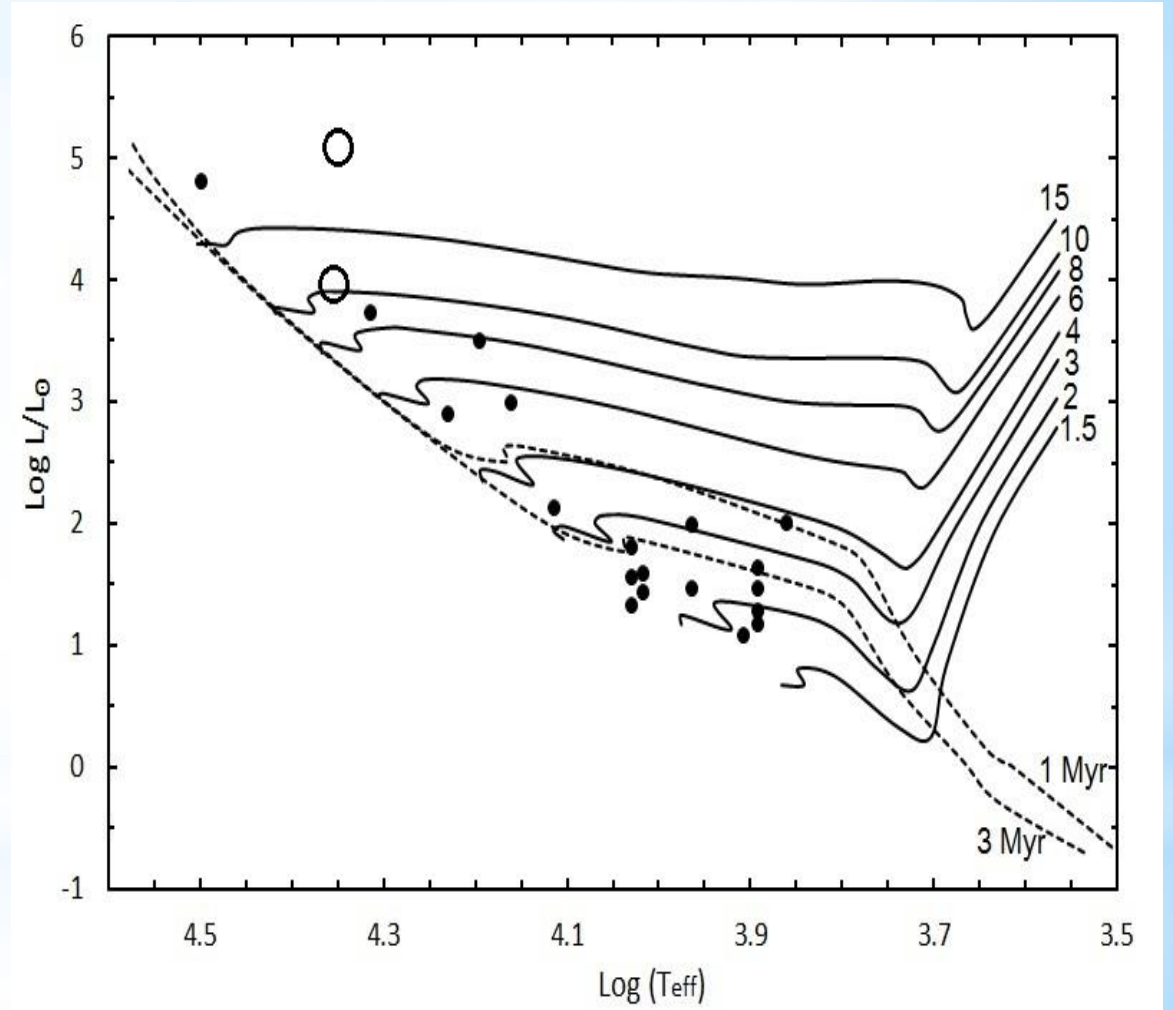
$M_V = m + 5 - 5 \lg r - A_V = -3.14$ и -5.93 mag

$b = -2.06$ mag, $M_{vb} = -5.20$ и -7.99

$M_{V\odot} = 4.83$ mag, $T_{\text{eff}} = 5800\text{K}$, $T_{\text{eff}} = 22000\text{K}$

$\log L/L_{\odot} = 4.03$ и 5.13 , $\log T_{\text{eff}} = 4.34$

$M = 10$ и $22 M_{\odot}$, $t < 0.5$ Myr



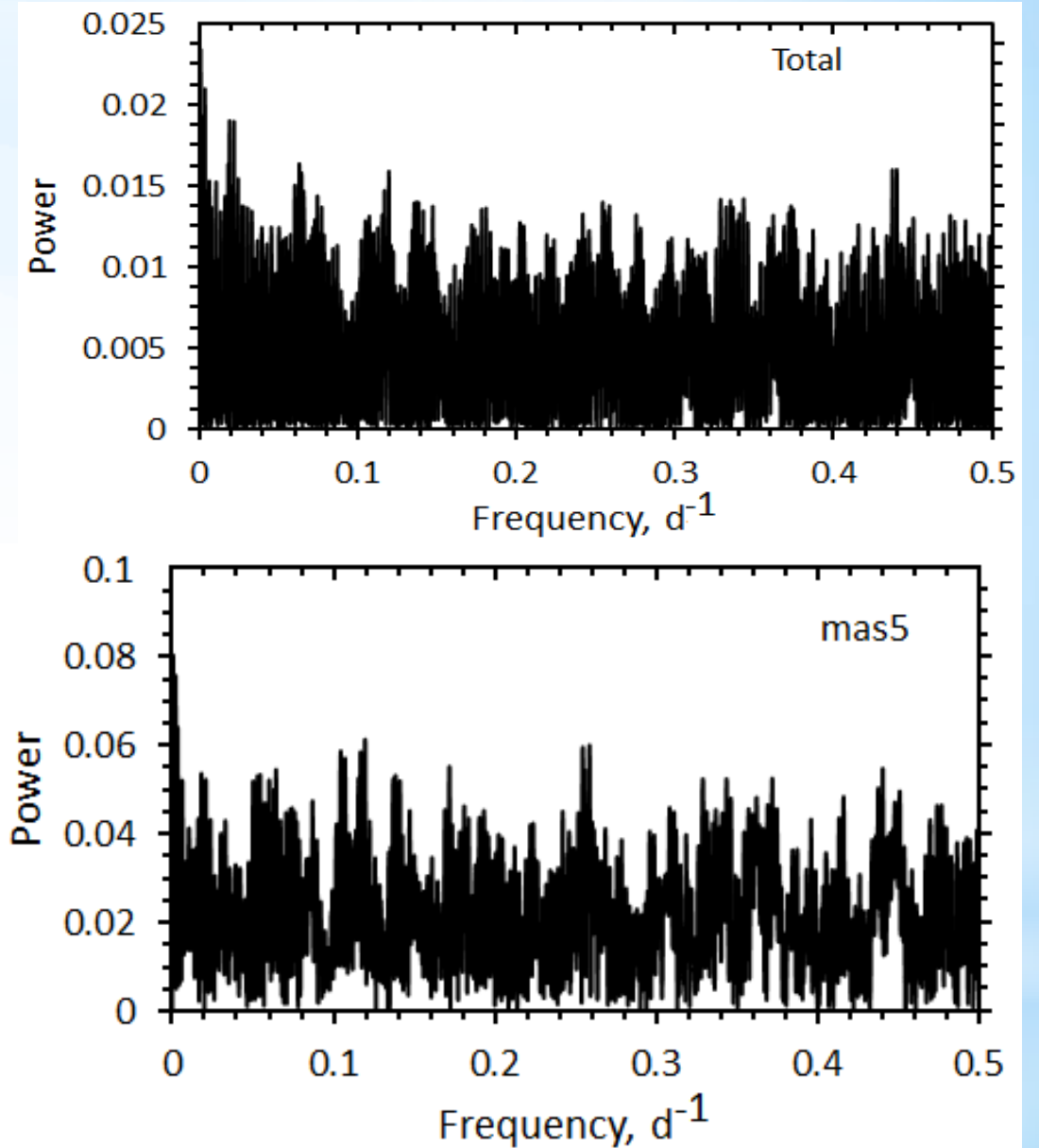
Period04 (Lenz & Breger, 2005)

Метод Lomb-Scargle

За 6 лет 344 точек +82 наши данные

Данные были разбиты на отдельные массивы и для каждого массива выполнен поиск

Значимая периодическая пер-сть не обнаружена



* Спектральные наблюдения

2 м телескоп, фокус Кассегрена

Спектрограф MUAGS (modified universal Astro-Grid Spectrograph)

ПЗС камера Andor (ikonL-936-BEX2-DD), 2048x2048 , 1
px 13.5 μm

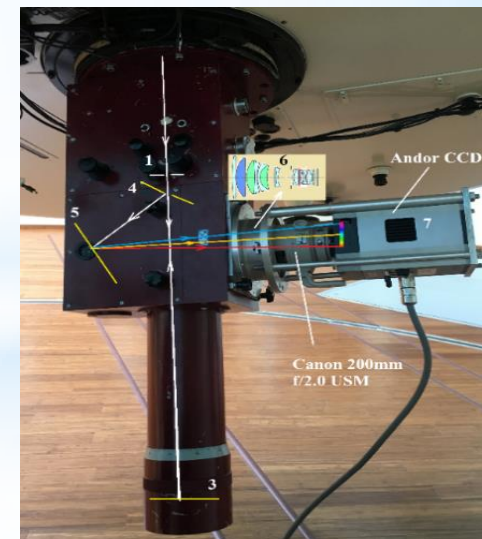
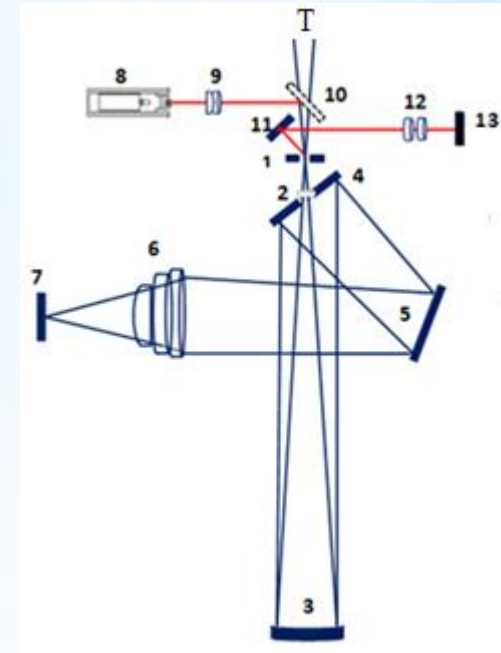
144 $\text{\AA}/\text{mm}$, spectral range $\lambda 3600\text{-}7500 \text{\AA}$.

Предельная проникаемость спектрографа

$V=18$ mag при экспозиции 2000 сек и $S/N\sim 20$. Для
камеры применен Canon EF (f=200 mm, f/2)

Спектрограф позволяет по разным биннинг получить
разрешение от $R=1200$ до 3500.

Для слабых звезд опт. Разрешение $R=1200\text{-}2400$ при
биннинг 3×3 .



* MUAGS

$f_{coll} = 1100\text{mm}$, $f_{cam} = 200\text{ mm}$, угол падения и угол дисперсии α и β равны 27.5° и 20.5° , соответственно.

$$S' = S \frac{f_{cam} \cos \alpha}{f_{coll} \cos \beta} \quad (1)$$

S -ширина входной щели, S' -размер изображения щели на фокальной плоскости.

Получим следующую рабочую формулу

$$S = 5.275 S' \quad (2)$$

$S' = 2\rho x = 0.027\text{ mm}$, тогда $S = 0.142\text{ mm}$.

Для фокуса Касс. $F = 29500\text{ mm}$, и масштаб $6.99''/\text{mm}$

Тогда для размера щели получим $S = 0.99''$. Для bin 2x2 $S = 1.99''$.

Использована решетка 651 шт/мм с углом дисперсии 20.5° . Для 1-го порядка $144\text{ \AA}/\text{mm}$ в интервале $\lambda 3600\text{-}7500\text{ \AA}$, если bin 1x1 ($S = 0.99''$).

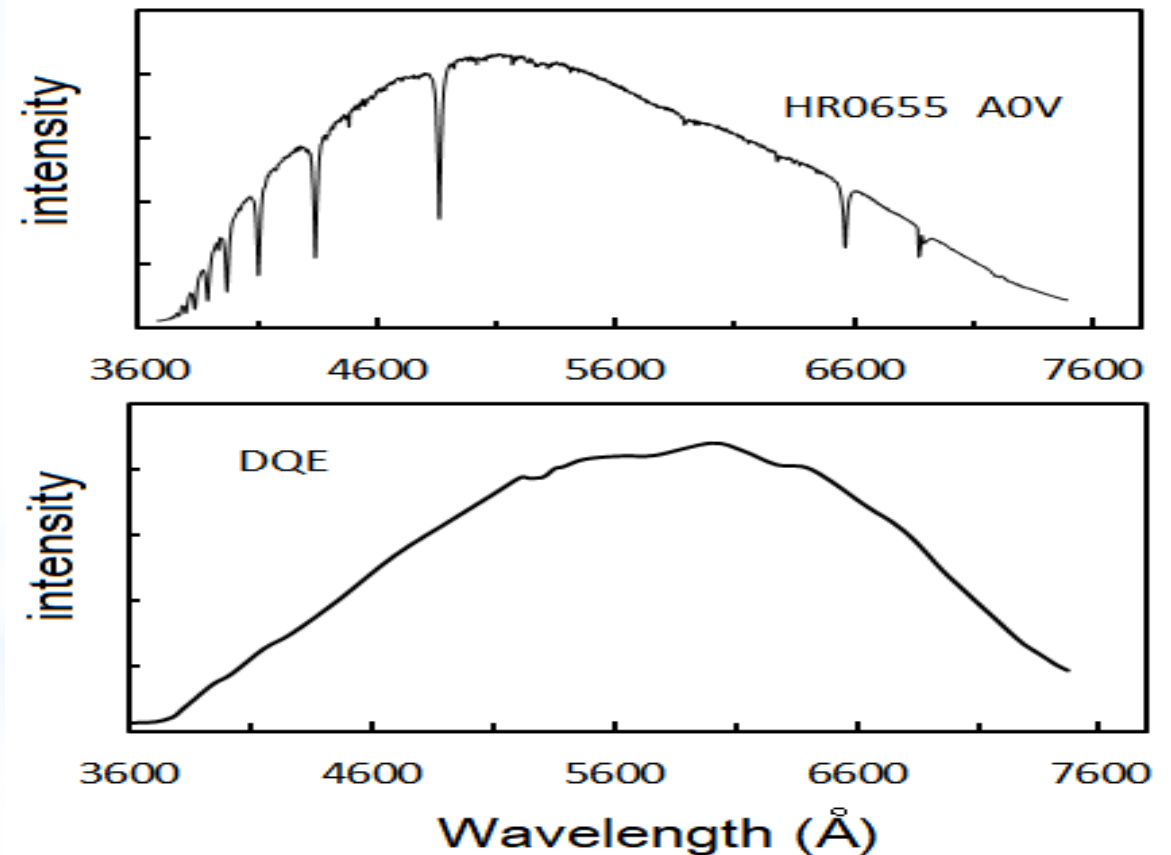
Около линии H α получим $R = 3400$. При 900 с экспозиции можно получить спектр звезды $V = 12\text{ mag}$ с $S/N = 150$.

* Процесс обработки спектра

- * flat, bias, dark, ThAr, спектры стандартных звезд
- * Процесс наблюдения в CCD Andor Solis 4.31
- * Процесс обработки DECH 20 (Galazutdinov G., <http://www.gazinur.com/DECH-software.html>).

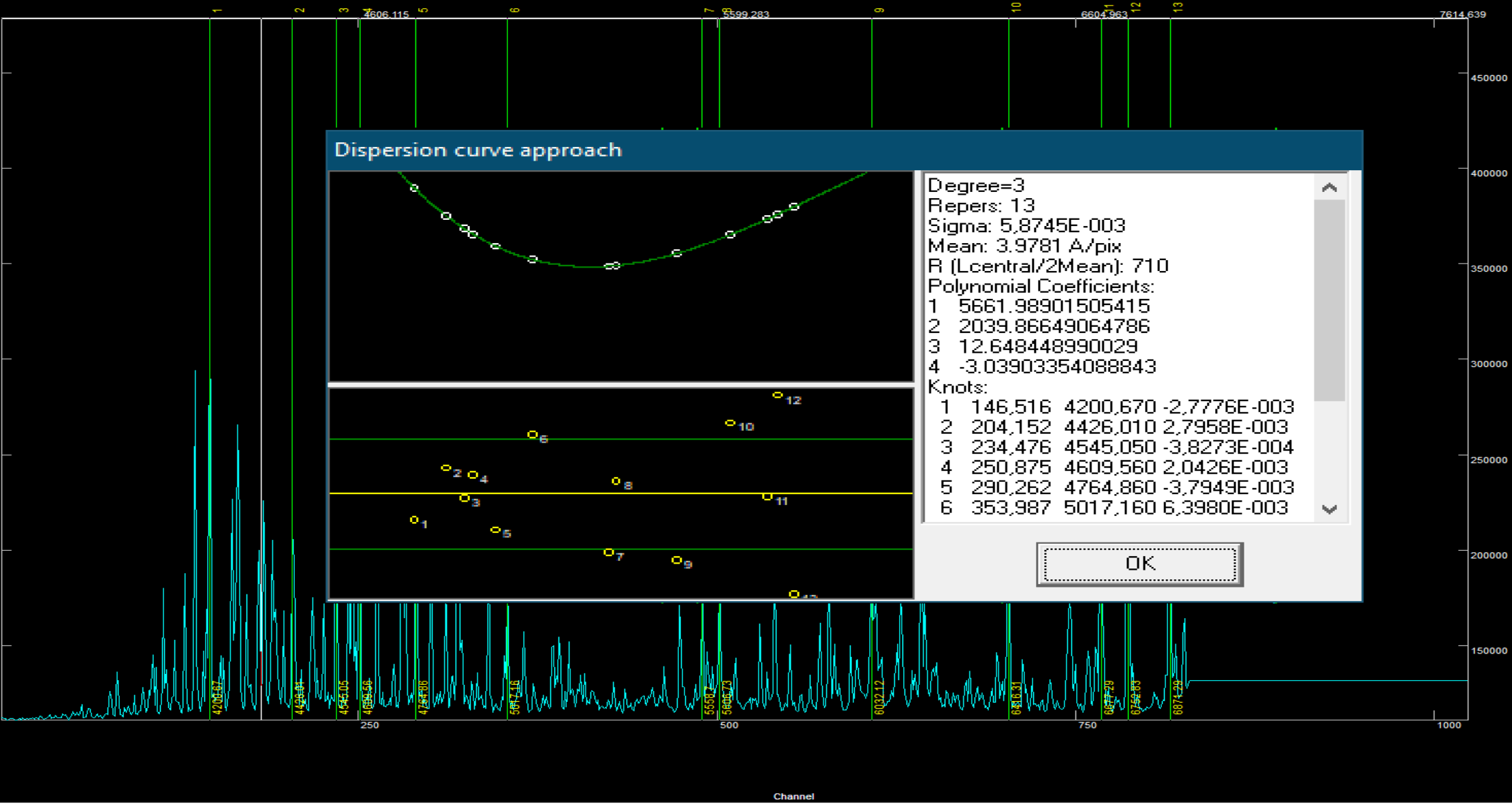
Процедура калибровки:

- * Median dark Sdark
- * Median flat Sflat
- * Average Star and ThAr spectrum
- * Subtract Sdark and Sflat
- * Building mask
- * Extraction to *.200 format
- * Building dispersion curve
- * Wavelength colibration

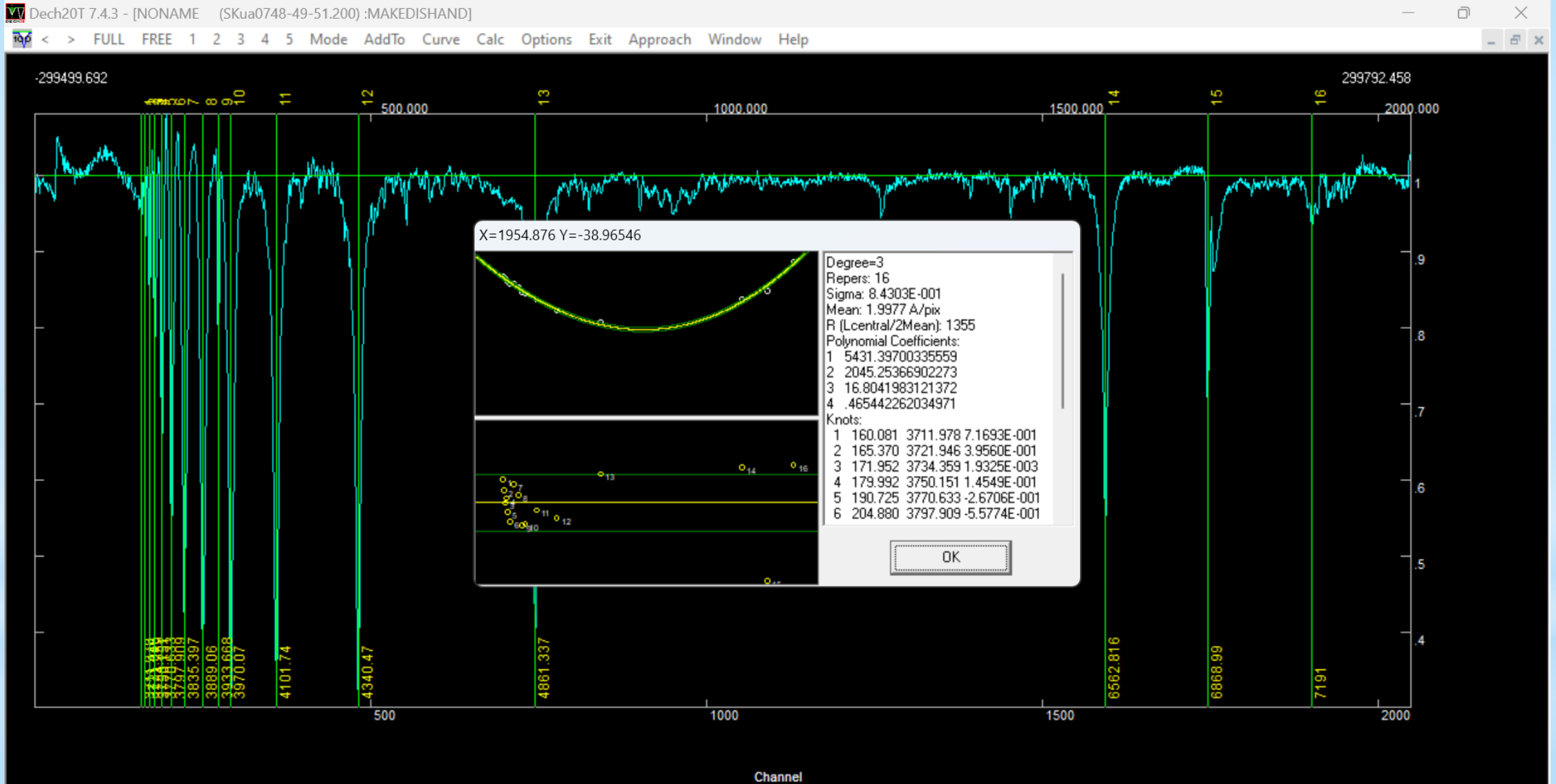


.879
-108677.036

109575.485



*Calibrations



71.444 x 113.26% -13.26 % 71.444 Order: 1 (1) 1: c:\VAUAGS\FUX\HR05999\SKua0748-49-51.200

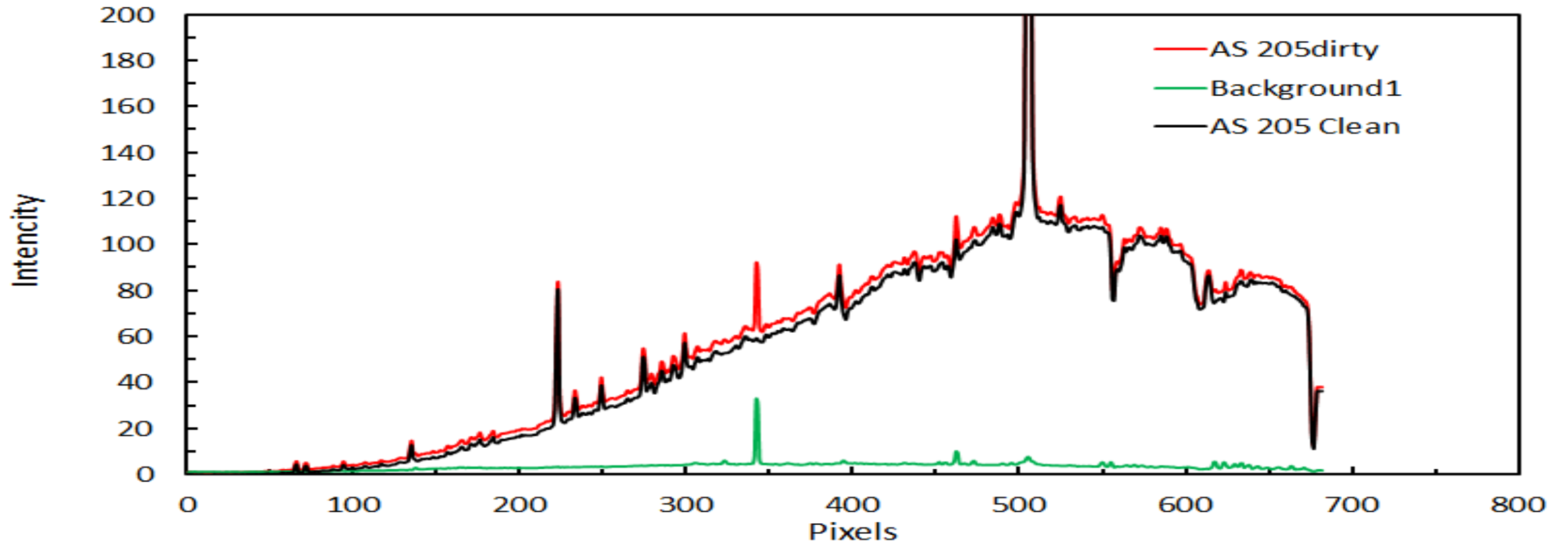
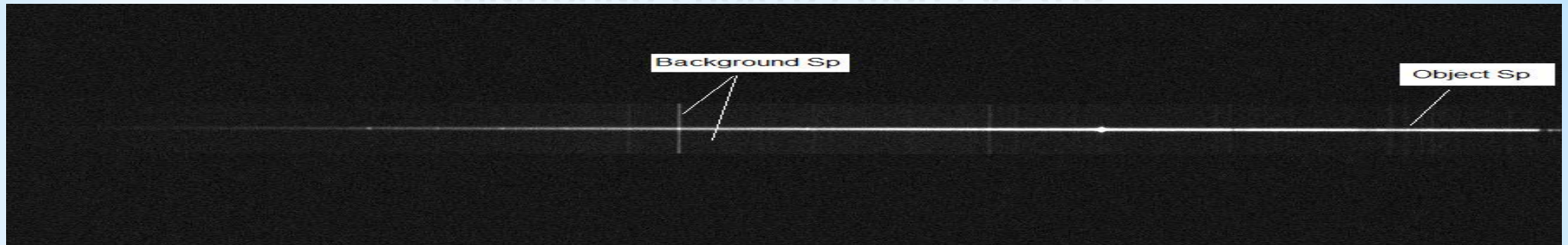
55°F
Sunny

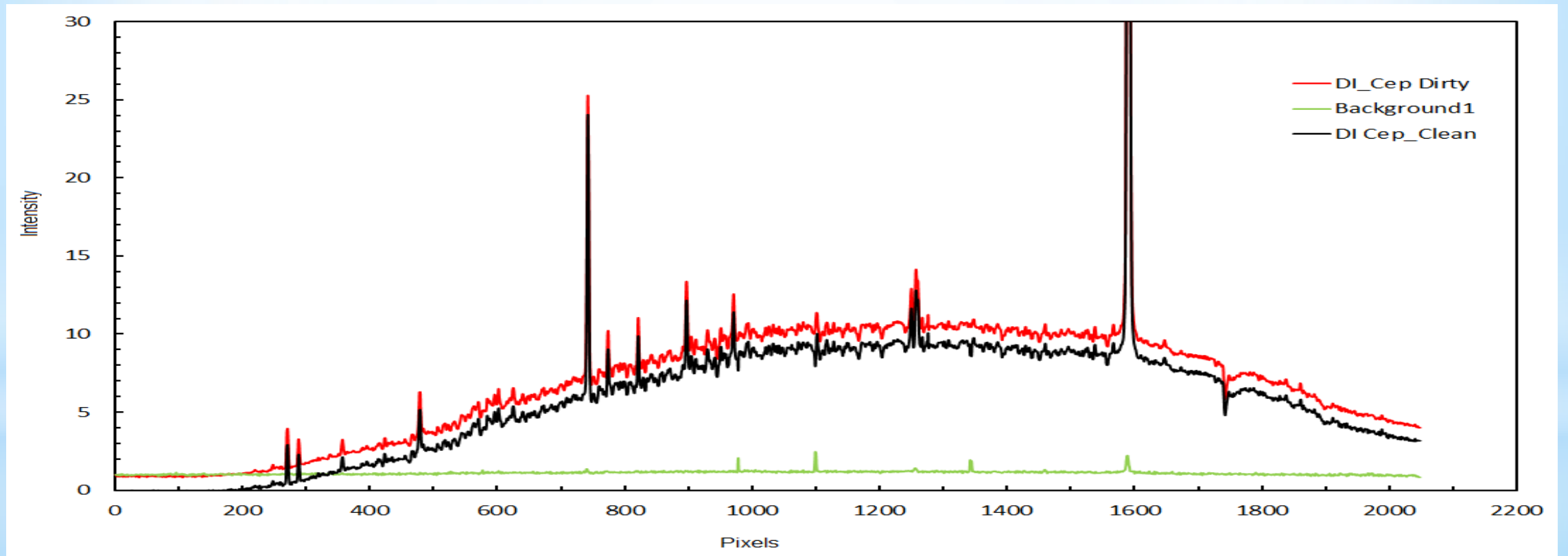
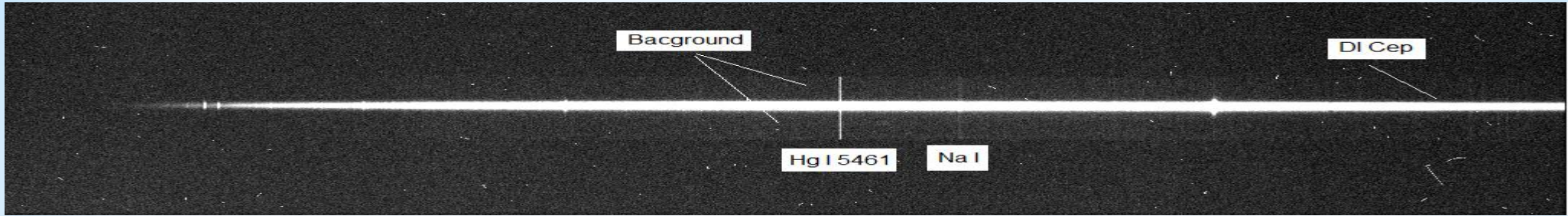
Поиск

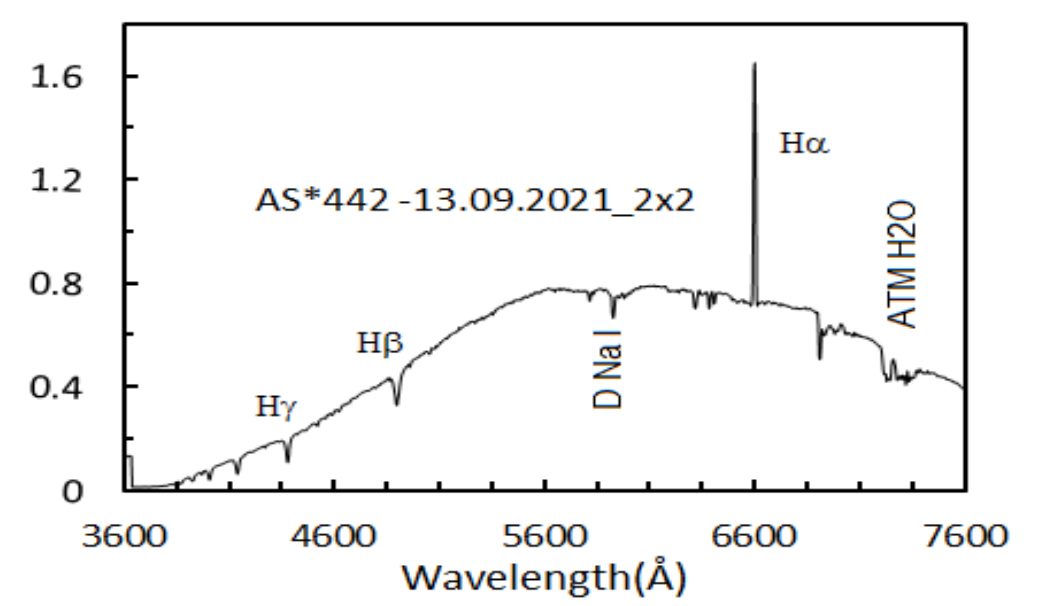
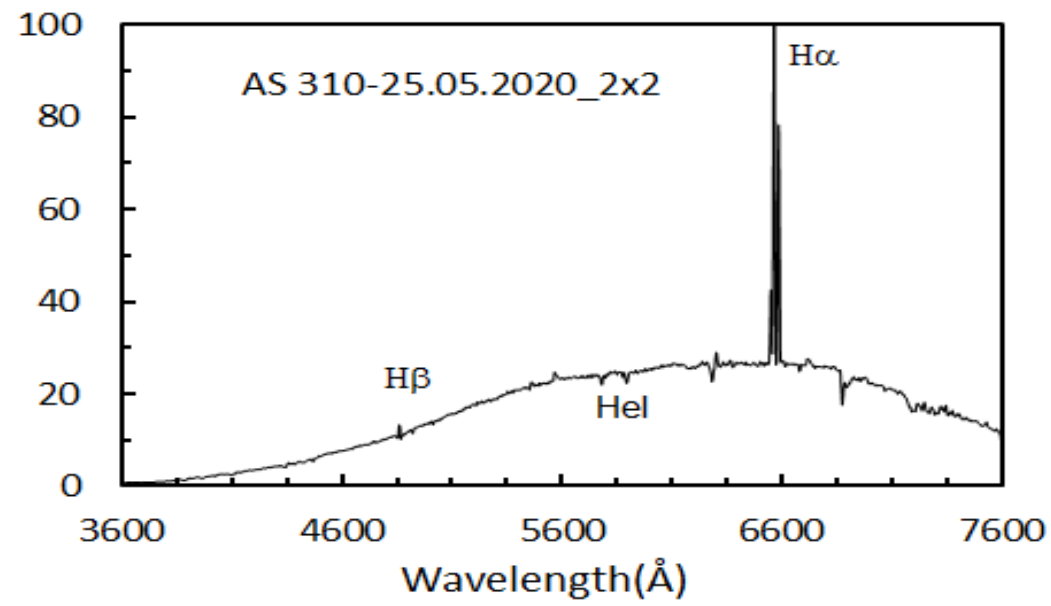
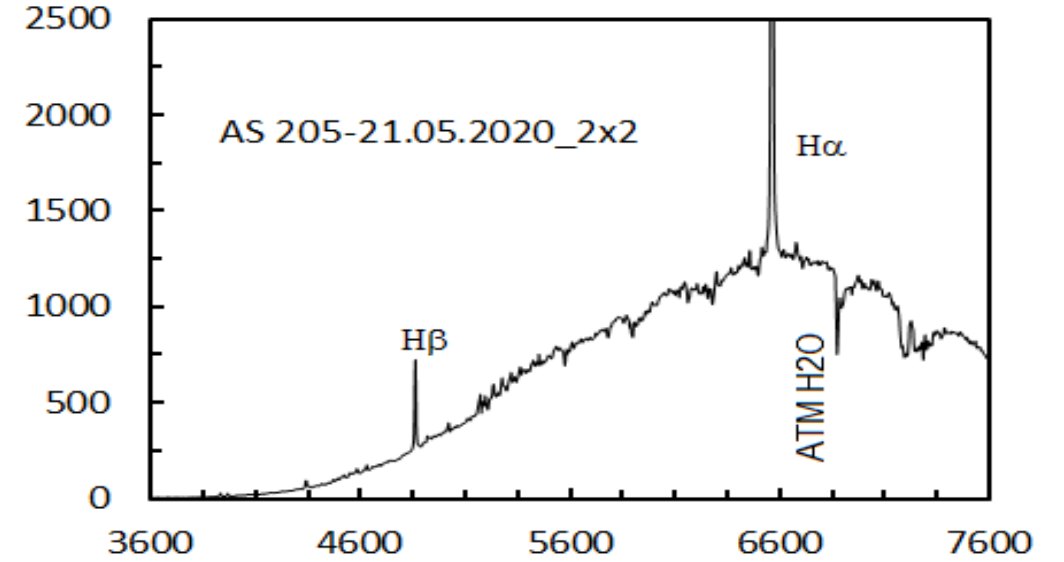
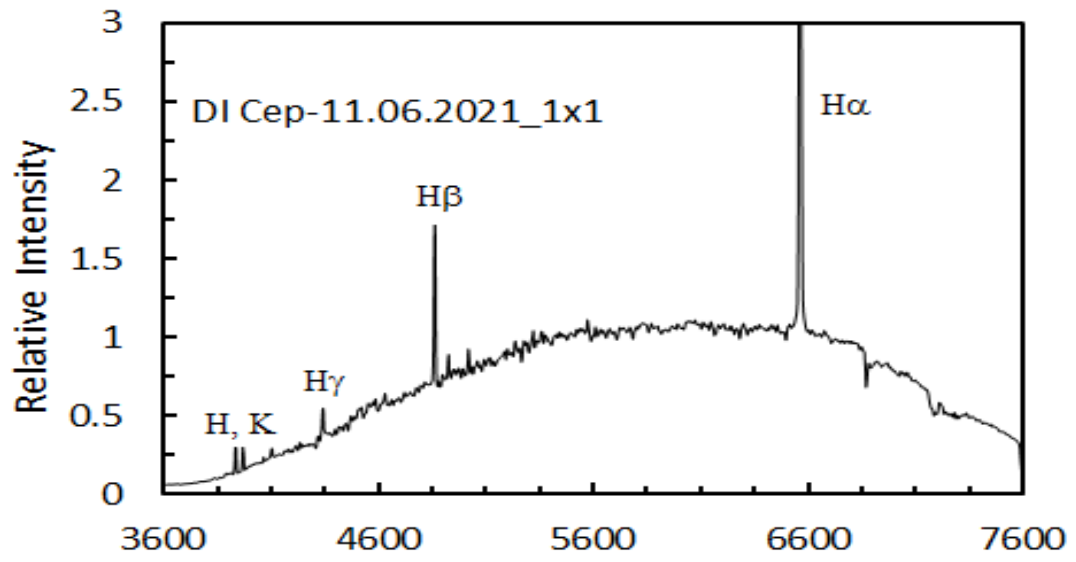


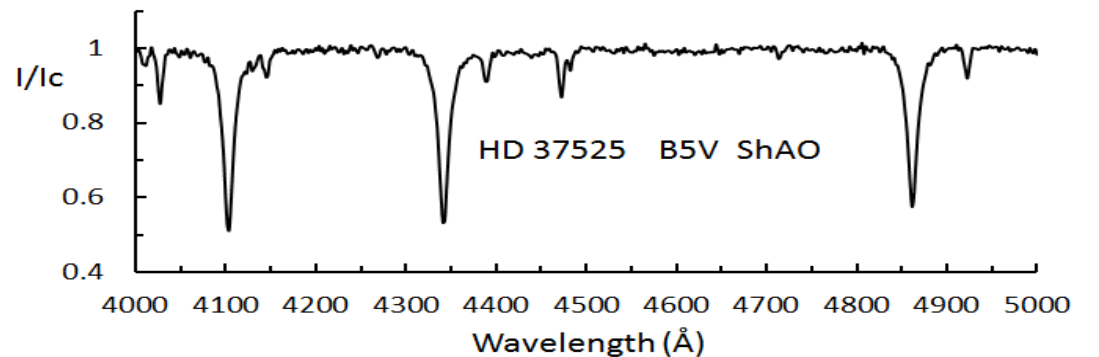
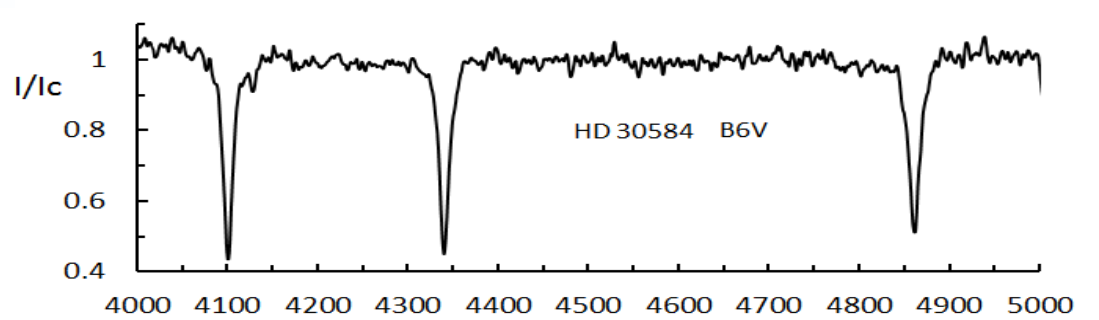
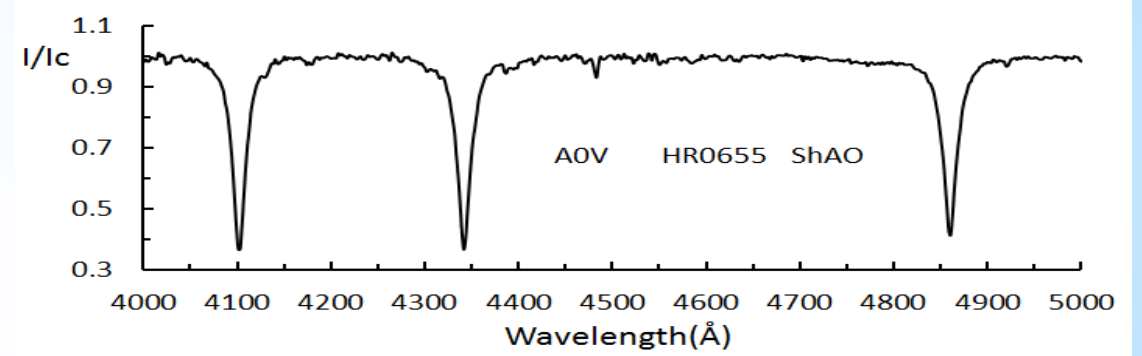
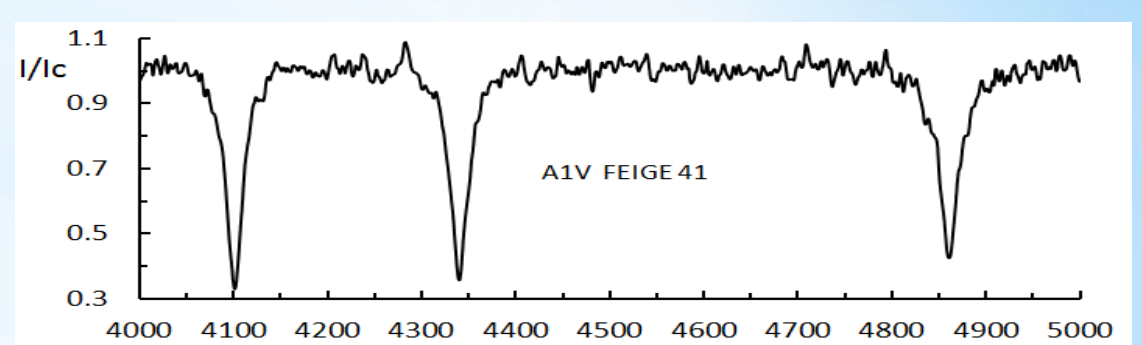
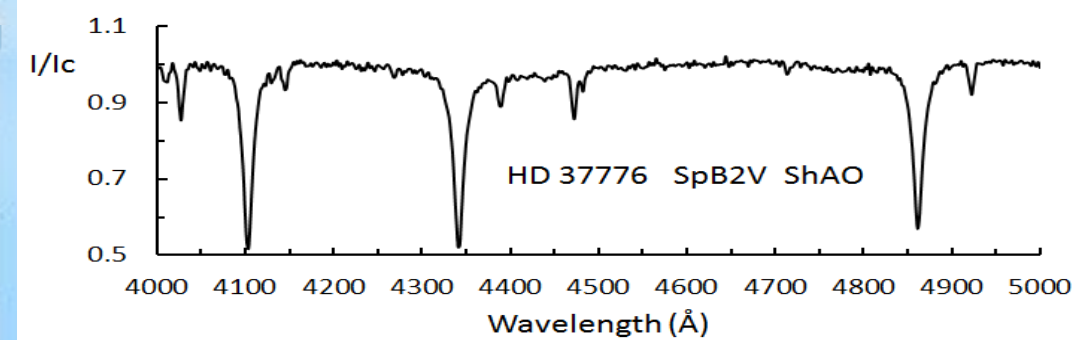
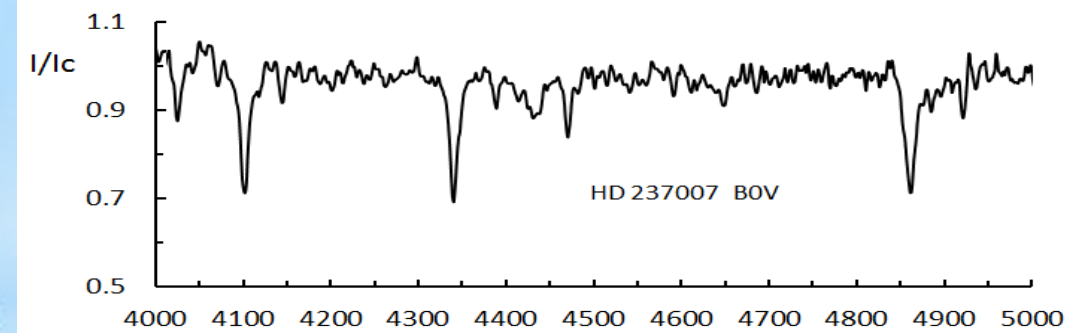
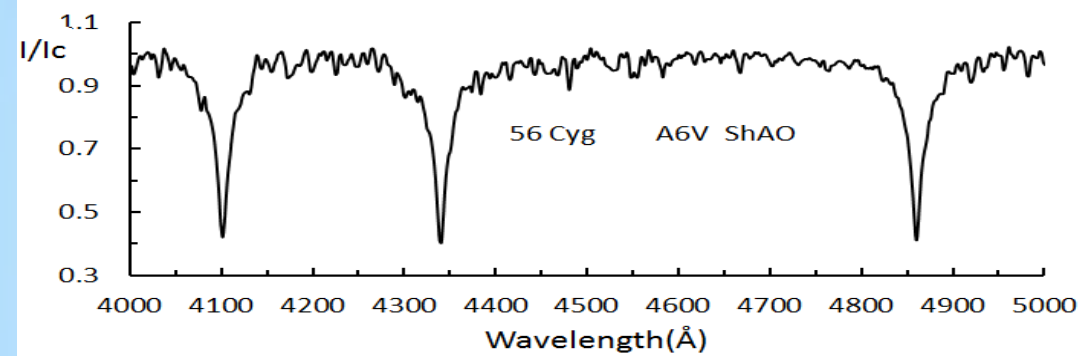
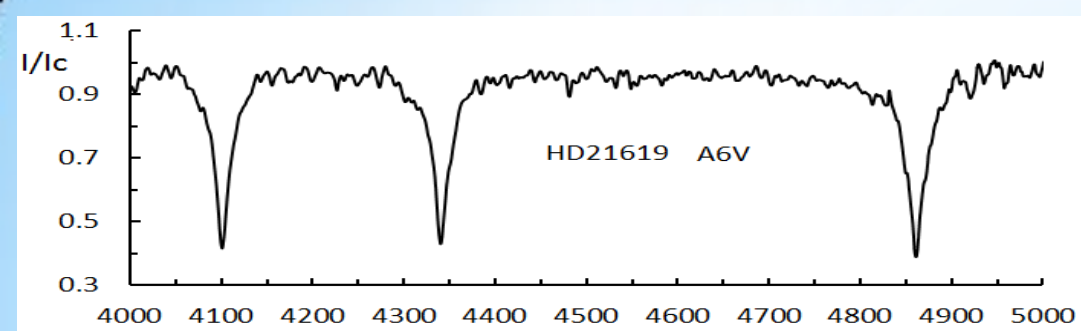
11:00
25.03.2023

* Очищение спектра фона AS205



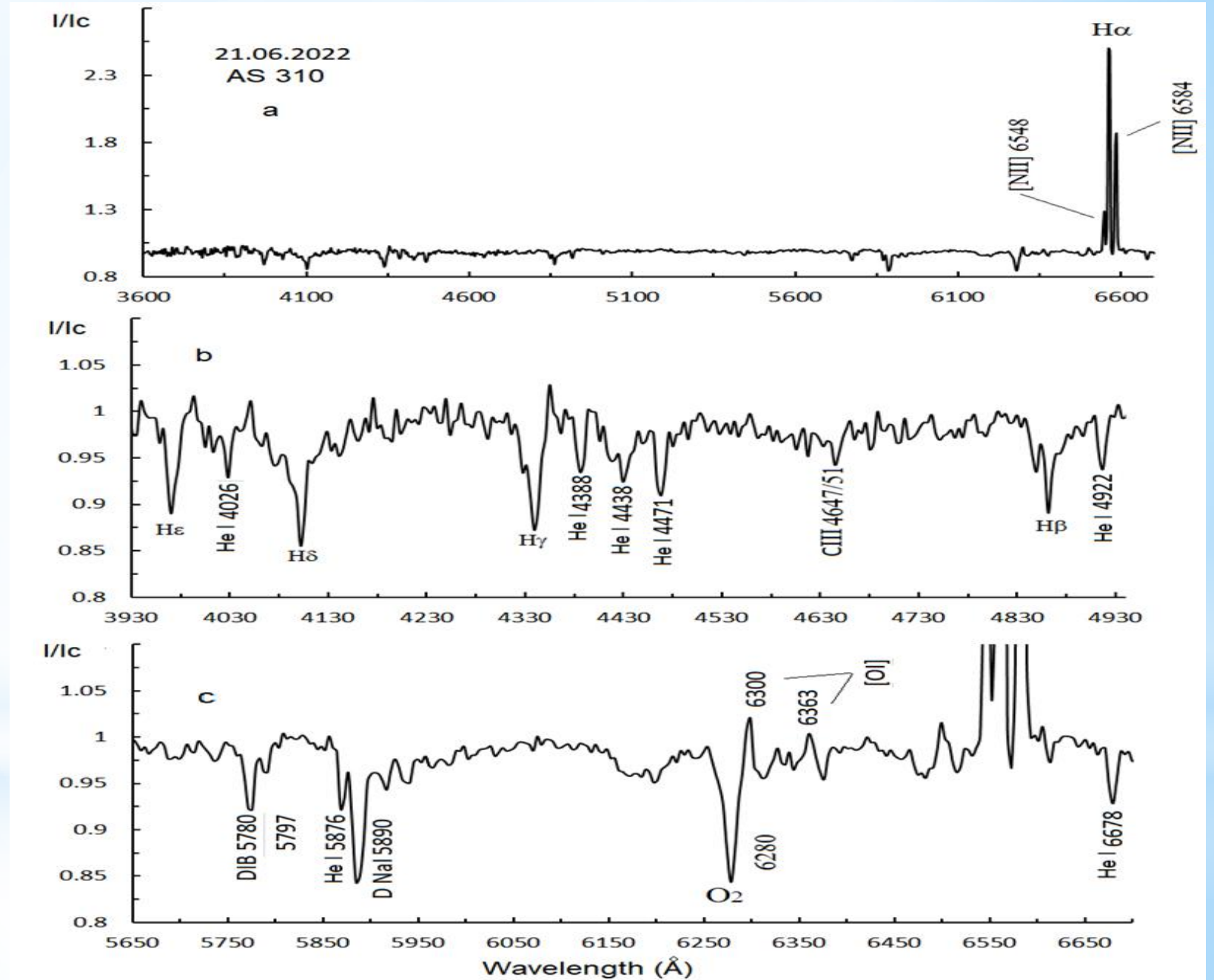




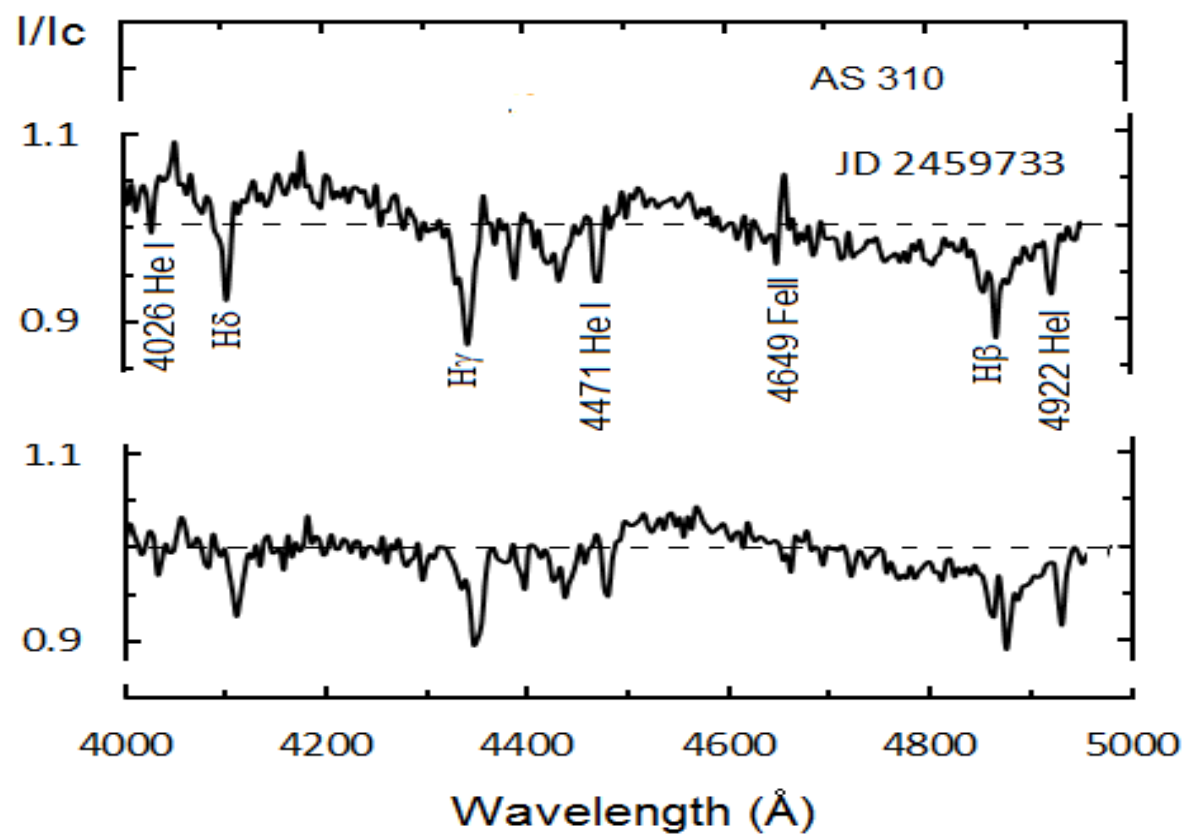
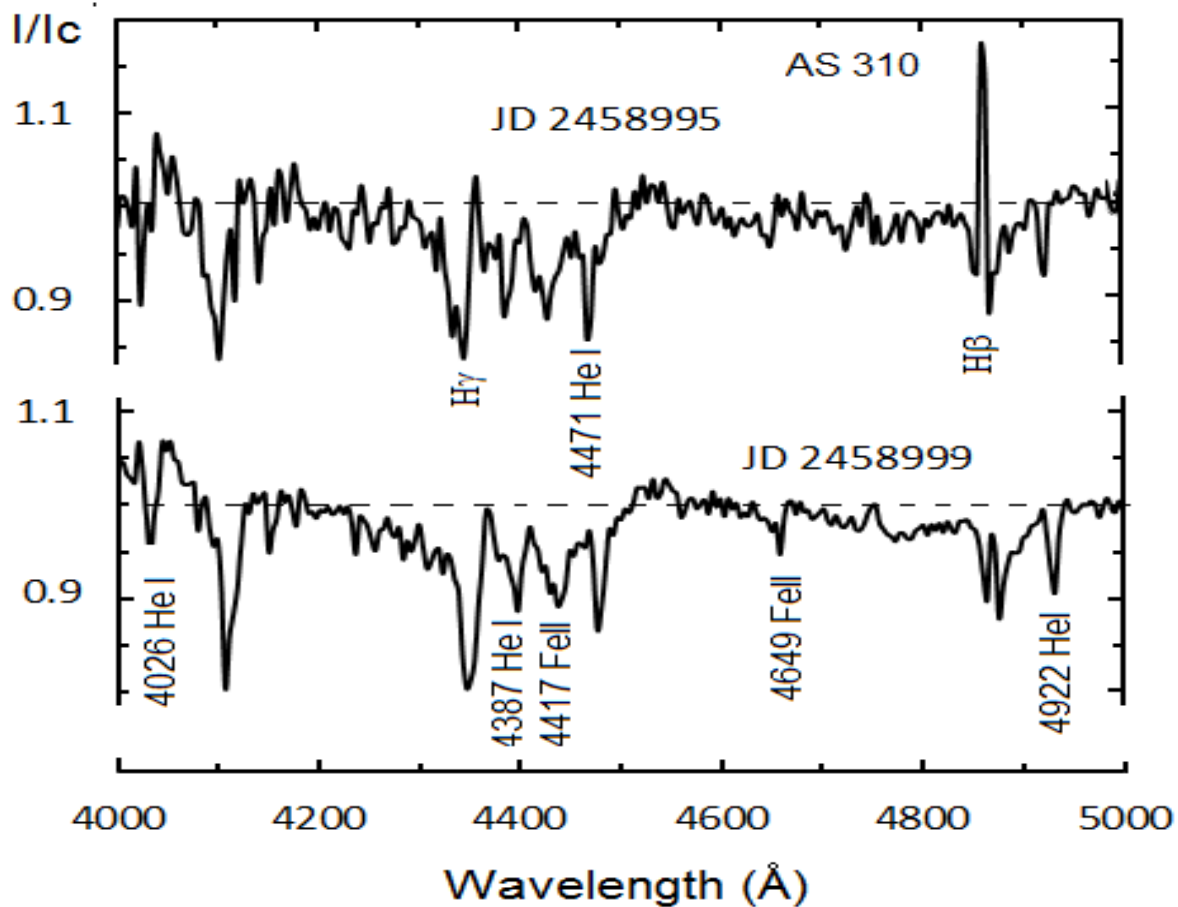
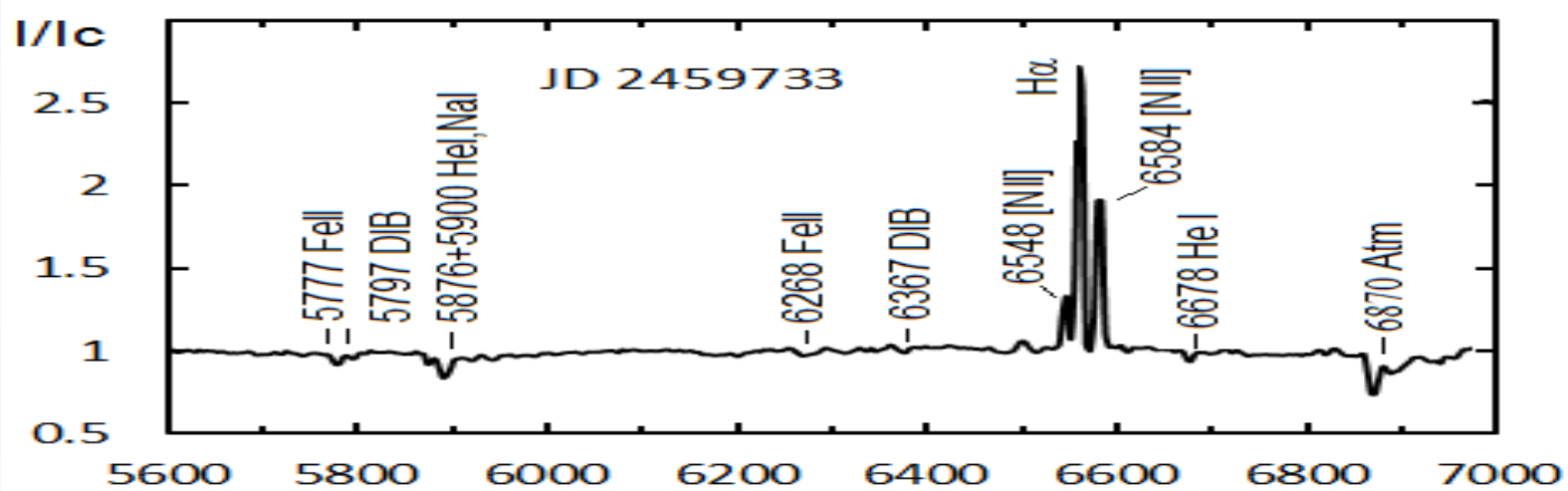


Спектр AS 310

He I 4026, 4387, 4417, 4922,
6678 Å,
[NII]λ6548, 6584 Å



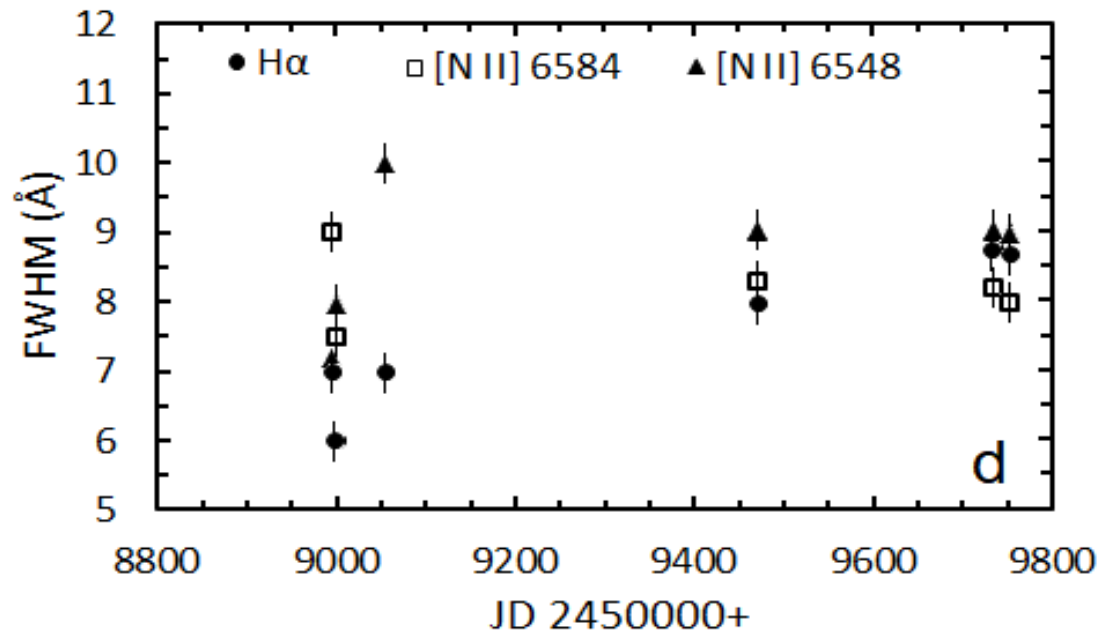
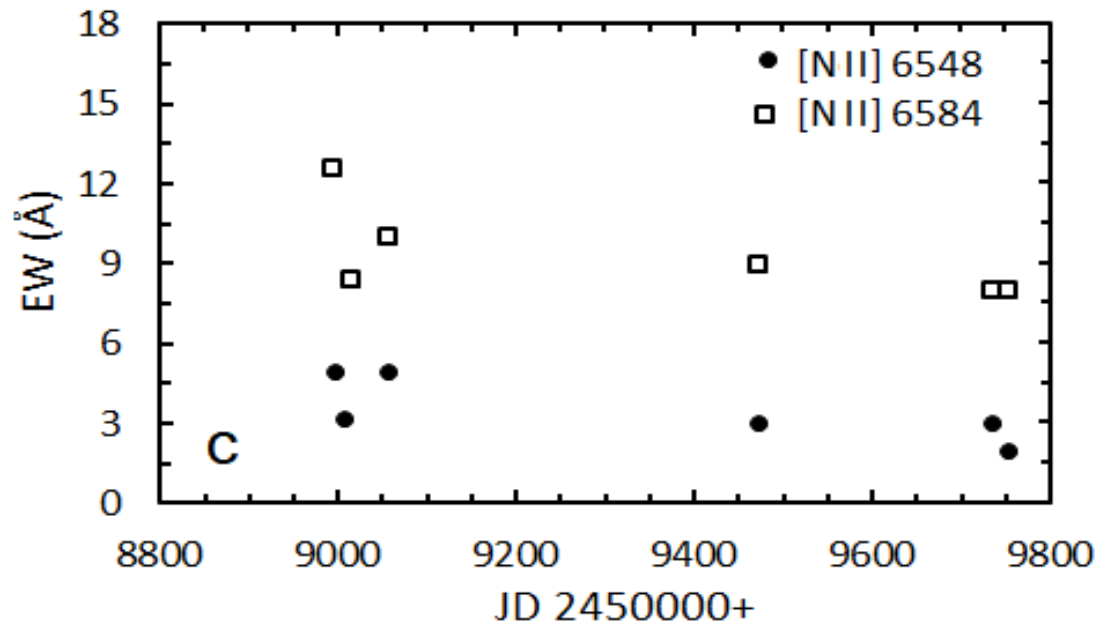
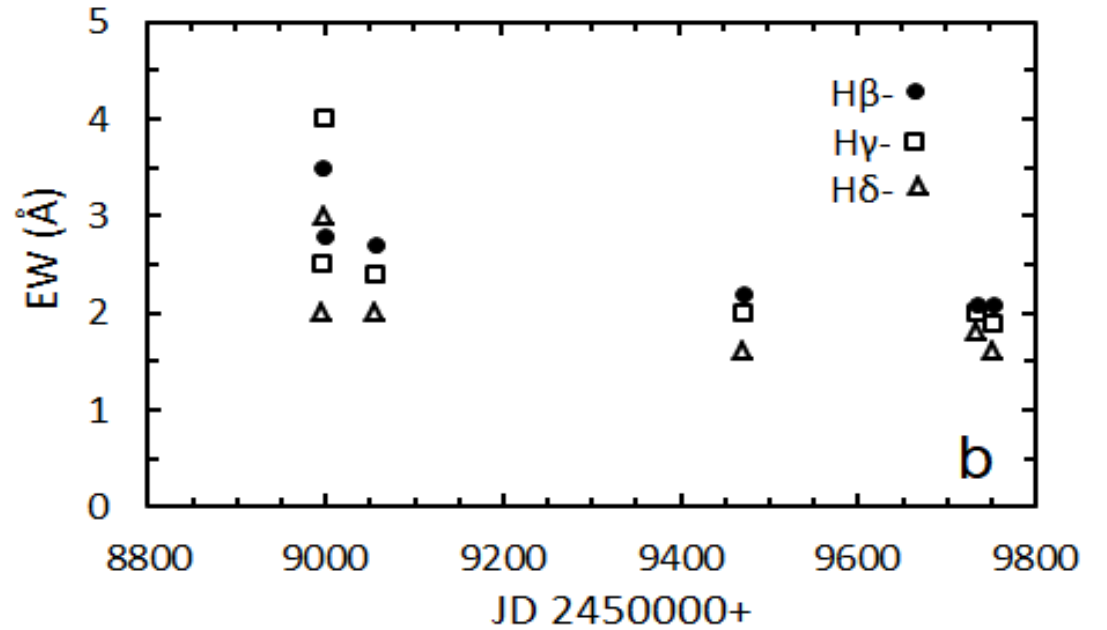
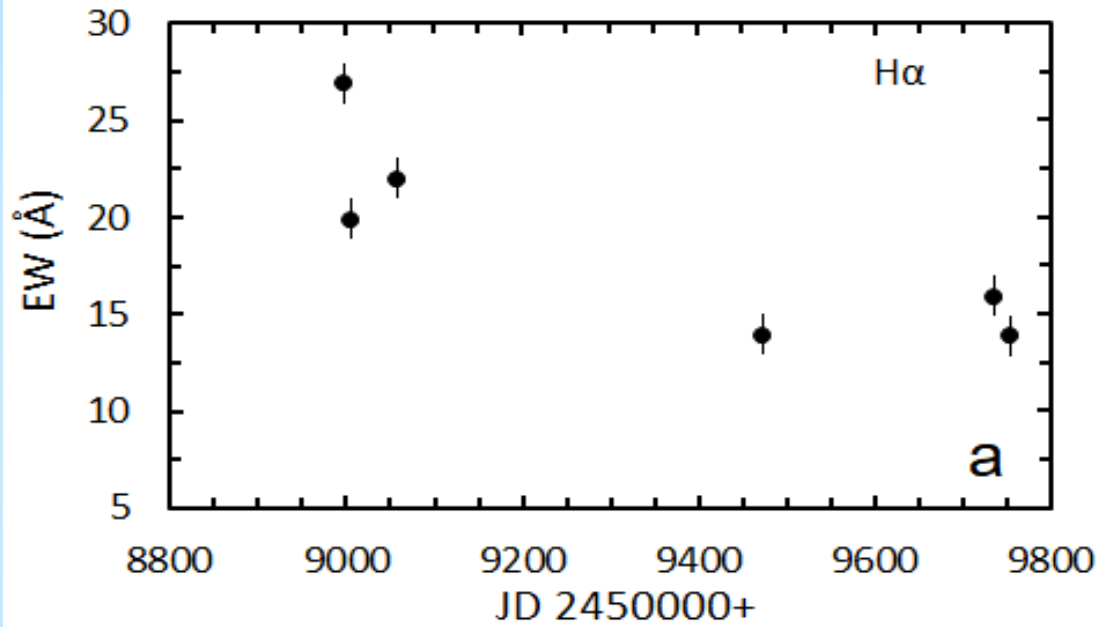
* AS 310



Эквивалентные ширины

Date	JD2450000+	H α (e)	H β (e+a)	H γ (e+a)	H δ (a)	[NII] 6548 (e)	[NII] 6584 (e)
25.05.2020	8995.291	27	3.5	2.5	2	5	15
29.05.2020	8999.421	18	2.8	4	3	3	13
23.07.2020	9054.321	22	2.7	2.4	2	5	10
13.09.2021	9471.301	14	2.2	2	1.6	3	9
02.06.2022	9733.419	16	2.1	2	1.8	3	8
21.06.2022	9752.353	14	2.1	1.9	1.6	2	8

* Переменность



* Линии нейтрального гелия He I

	EW (Å)						
JD2450000+	4026	4387	4438	4471	4921	5876	6678
8995.291	0.79	1.39	2.41	1.58	0.79	1.44	2.58
8999.421	1.02	2.36	2.84	1.91	1.62	2.79	2.83
9054.321	0.94	1.78	2.17	1.57	1.19	2.81	1.38
9471.301	0.88	0.69	1.96	1.53	0.89	2.62	1.70
9733.419	0.84	0.78	1.55	1.07	0.83	1.74	1.13
9752.353	0.96	0.79	1.02	1.01	0.65	1.03	0.88
Mean	0.91	1.30	1.99	1.45	1.00	2.07	1.75
rms	0.09	0.67	0.64	0.34	0.35	0.77	0.79

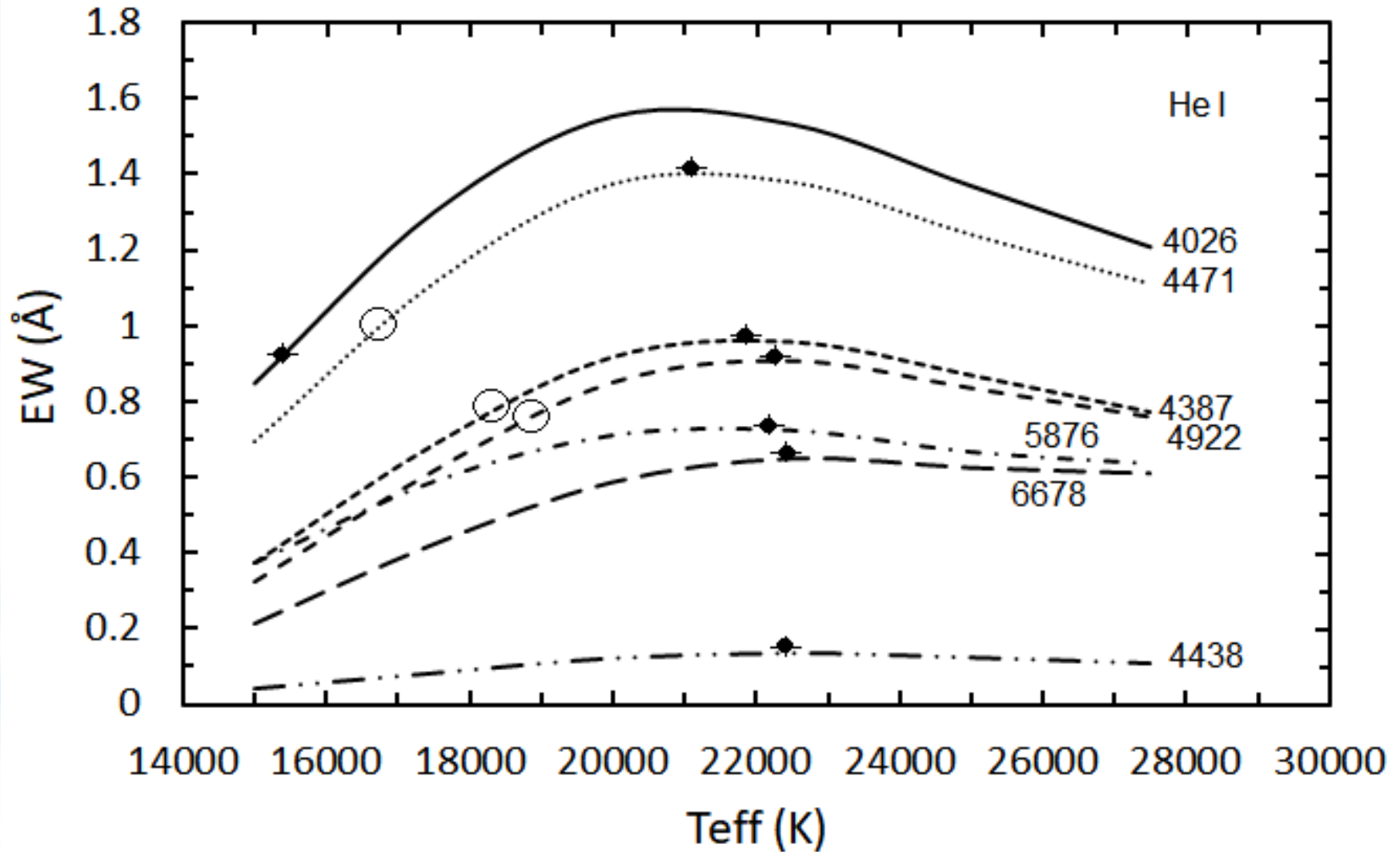
* Auer & Mihalas (1973)

Log g = 4.0

Teff = 22000 ± 500 K

Teff = 17000 ± 1000 K

Log g = 3.0 не
совмещается с
моделью



Обсуждение выводы

Итак, из наблюдений имеем:

1. Амплитуда изменений монотонно меняется от года в год и достигает максимума 0.6 маг в 2018 г.
2. Изменение блеска не показала периодичность - регион сложный, возможно есть вклад соседних звезд.
3. Спектр переменный- линии H β содержать узкие эмиссионные компоненты. Уровень эмиссии меняется. При увеличении амплитуды изменения блеска эмиссия усиливается.
4. Эквивалентные ширины линий He I также являются переменными со временем - когда амплитуда изменений блеска большая, усиливается эмиссия в линиях водорода и EW линий He I аномально большие.

Исходя из этих наблюдательных фактов мы предполагаем, что эмиссия в водородных линиях возникает в области H β в околозвездном газе под действием УФ излучения горячих звезд. Отсутствие эмиссионного компонента в линиях He I, говорит о том, что скорее, компоненты системы не обладают околозвездными аккреционными дисками. Такие горячие звезды OB и раньше обнаруживались, например, в составе экстремально молодой трапеции θ 1 Ori в туманности Ориона M42. Наблюдаемая переменность блеска и спектра в таких массивных системах может быть связано динамикой компонент, входящих в систему.

Выводы:

1. Звезда AS 310 чаще находится в спокойном состоянии блеска, но временами наблюдается увеличение блеска с переменной амплитудой. Показатели цвета и яркость звезды меняется по разным сезонам. За время наблюдений 2016-2022 гг. впервые обнаруживается плавное возрастание амплитуды переменности блеска в V-полосе. Достигнув максимума в 2018 г. на величину 0.6 mag в V-полосе, амплитуда изменений блеска затем плавно убывает до минимума в 2022 г.
2. В спектре звезды линии H α , H β и H γ содержат узкого эмиссионного компонента, интенсивности которых меняются по разным датам. Усиление эмиссии в этих линиях наблюдается при возрастании амплитуды изменений блеска звезд.
3. Сравнение значений эквивалентных ширин с теоретическим спектром для линий гелия показали, что наблюдаемые эквивалентные ширины линий нейтрального гелия, по-видимому, относятся к комбинированному спектру B3-5V и B1.5-2V.
4. Используя нормальные показатели цвета для двух крайних состояния блеска и цветов звезды были определены коэффициенты межзвездного покраснения, как $A_V = 3.751$ и 6.541 , и абсолютные болометрические светимости, как $M_{Vb} = -5.201$ и -7.991 mag.
5. Определена также светимость для этих двух состояний, как $\log L/L_{\odot} = 4.03$ и 5.13 , а также масса и возраст звезды $M = 10$ и $22 M_{\odot}$, $t < 0.5$ Myr. Это показало, что AS 310 является экстремально молодой массивной системой типа Be Хербига.



Спасибо
за внимание

