

# Отчет о работе БТА (II полугодие 2021 года)

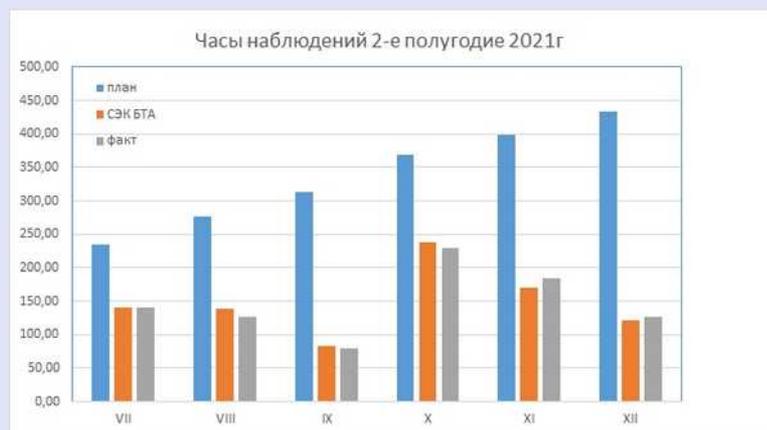


# Обеспечение плановых наблюдений БТА



2021-I

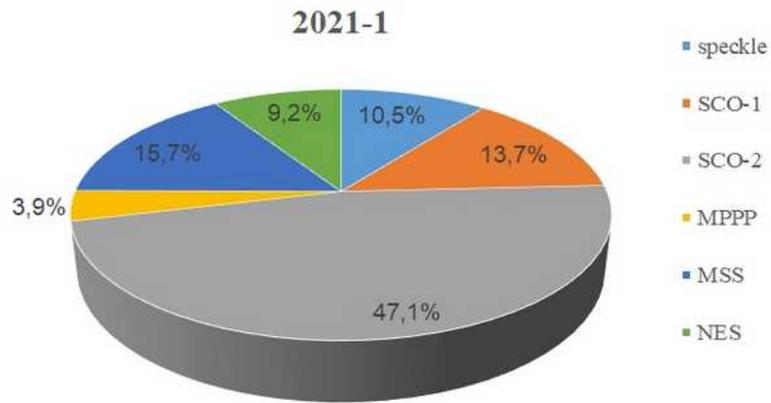
2021-II



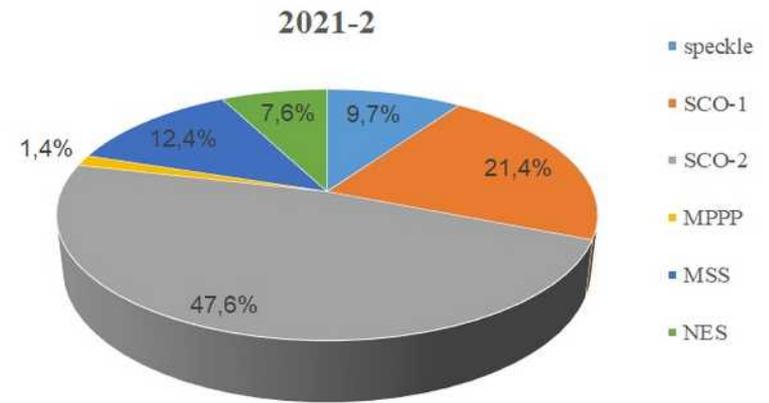
Время простоев по техническим причинам 2021 г. (данные АСУ БТА):  
февраль 160 мин - маслосистема

# Обеспечение плановых наблюдений БТА

2021-I



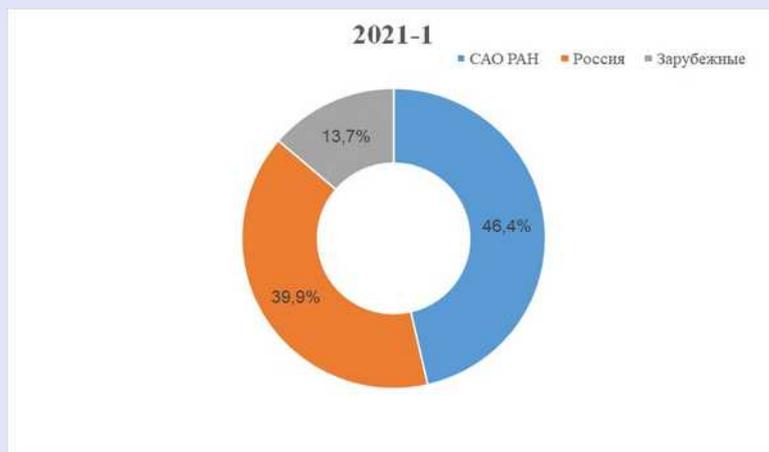
2021-II



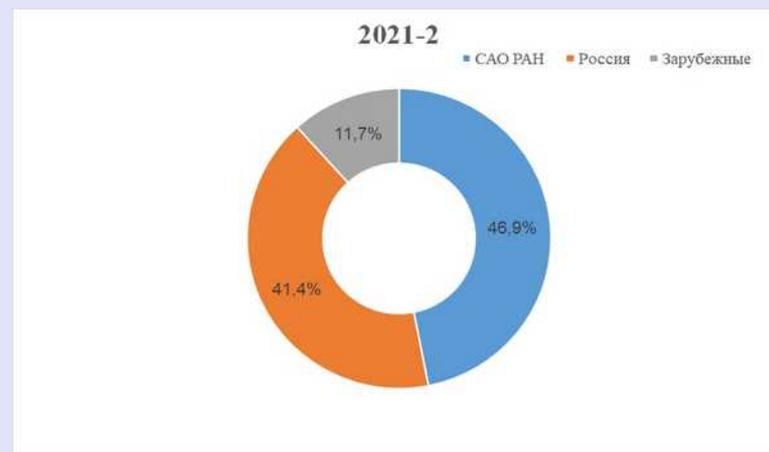
# Обеспечение плановых наблюдений БТА

2021-I

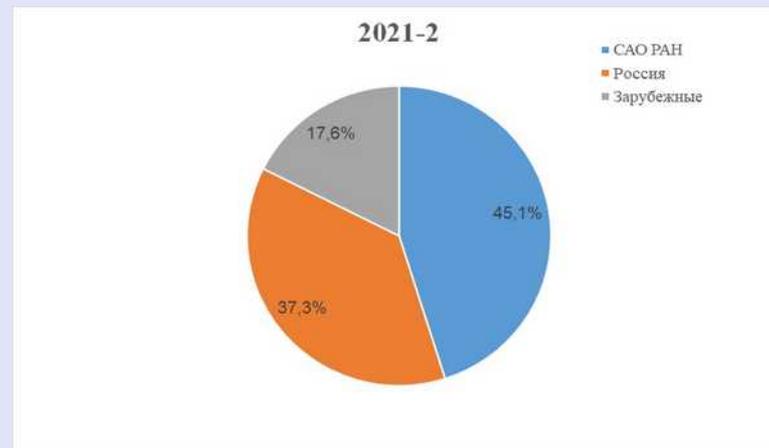
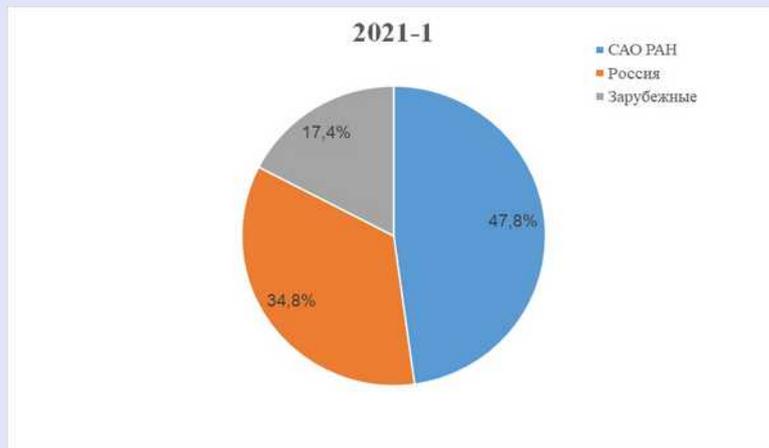
Количество ночей



2021-II



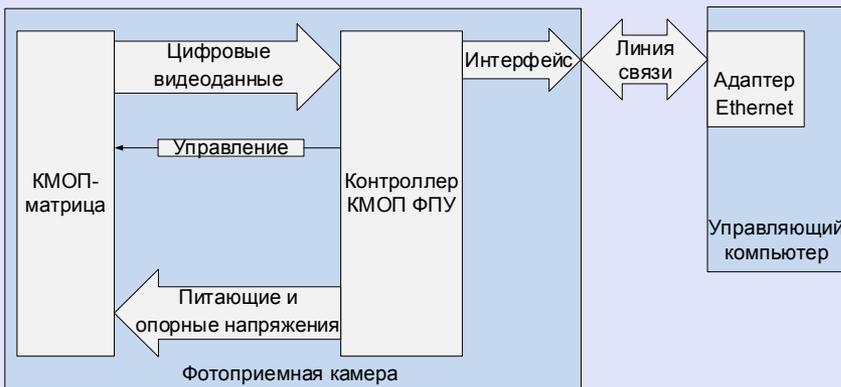
Количество заявок



# Управление и обработка данных в ФПУ на основе научных КМОП-матриц

Ардиланов В.И., Мурзин В.А., Афанасьева И.В., Иващенко Н.Г.,  
Притыченко М.А.      Лаборатория перспективных разработок САО РАН

## Структура КМОП ФПУ

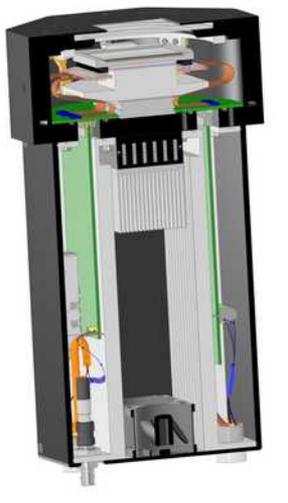


Современные КМОП-матрицы сравнялись с ПЗС по ключевым показателям (шум, темновой ток), но частота считывания кадров у них выше в десятки раз. Реализован новый контроллер КМОП ФПУ, обеспечивающий получение астрономических изображений от фотоприемников GSense4040 и GSense6060BSI. Производительность контроллера 40 Гбит/с. Реализовано ФПУ4040: шум считывания  $4,4 e^-$ ; квантовая эффективность  $74\% @ 600\text{nm}$ ; темновой ток  $0,054 e^-/с/пиксель$ .

## Характеристики контроллеров КМОП ФПУ

Характеристика	Контроллер КМОП ФПУ	
	GSense4040	GSense6060BSI
Размер кадра, пиксели	4160 × 4128	6144 × 6144
Объем информации в кадре, МБайт	32,8	72
Частота кадров, кадр/с	24	44
Скорость считывания, ГБайт/с	0,8	3,4
Количество информации за 1 ч. непрерывного считывания, ТБайт	2,8	11,9
Число видеоканалов	9	25
Тип интерфейсного адаптера	Intel X520-1	Intel XL710
Протокол обмена верхнего уровня	GigE Vision 2.1	
Протокол обмена нижнего уровня	Ethernet IEEE 802.3	

## Конструкция камеры ФПУ4040



Ардиланов В.И., Мурзин В.А., Афанасьева И.В. и др. Реализация способов управления и обработки данных в фотоприемных устройствах на основе КМОП-матриц научного класса // Труды конф. ССПС. – 2021. – С. 216–222.

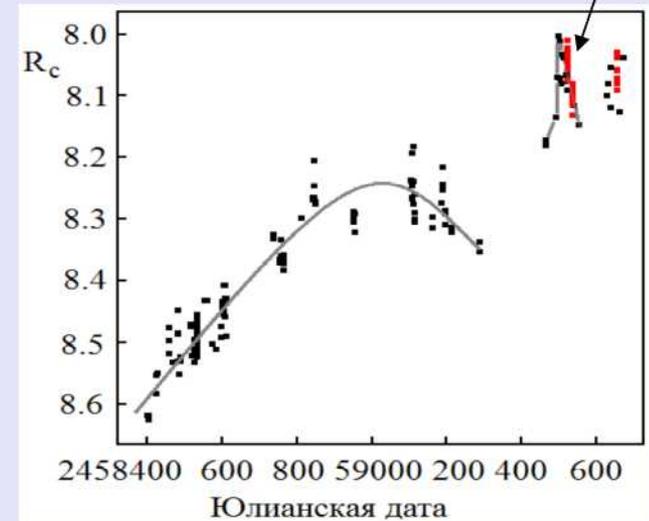
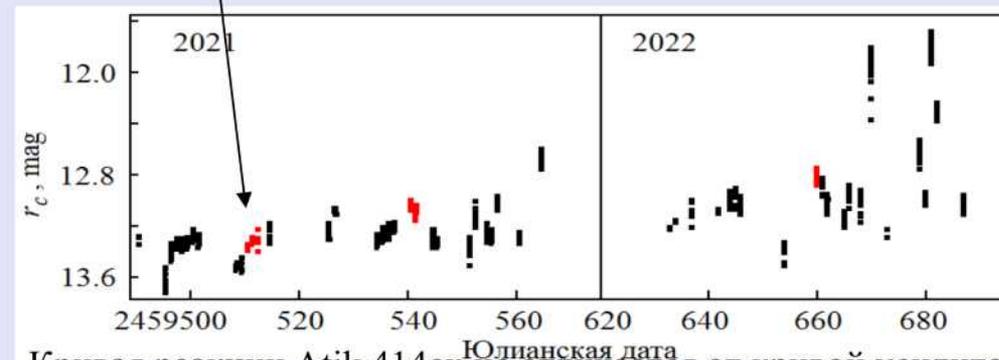
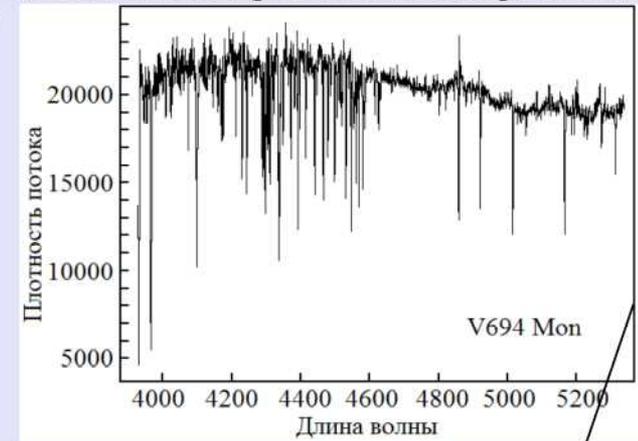
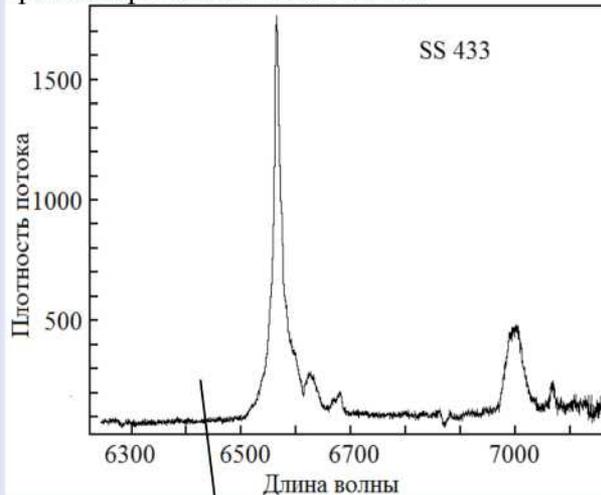
# ПЗС – матрица Atik 414ex на гиде Цейсс-1000.

## Опыт использования для сопровождения спектральных наблюдений фотометрией

Горанский В.П. (ГАИШ МГУ, САО РАН); Драбек С.В., Комаров В.В.,  
Емельянов Э.В. (САО РАН)

На гиде телескопа Цейсс-1000 установлена управляемая из интернета ПЗС-матрица. Середина кривой реакции близка к кривой реакции фотометрической системы Rc.

Одновременные наблюдения с Atik 414 дают возможность по кривой блеска определить состояние объекта, в котором получен спектр.



Кривая реакции Atik 414ex не отличается от кривой усилителя яркости, и наблюдения ложатся на кривую SS 433 без поправки.

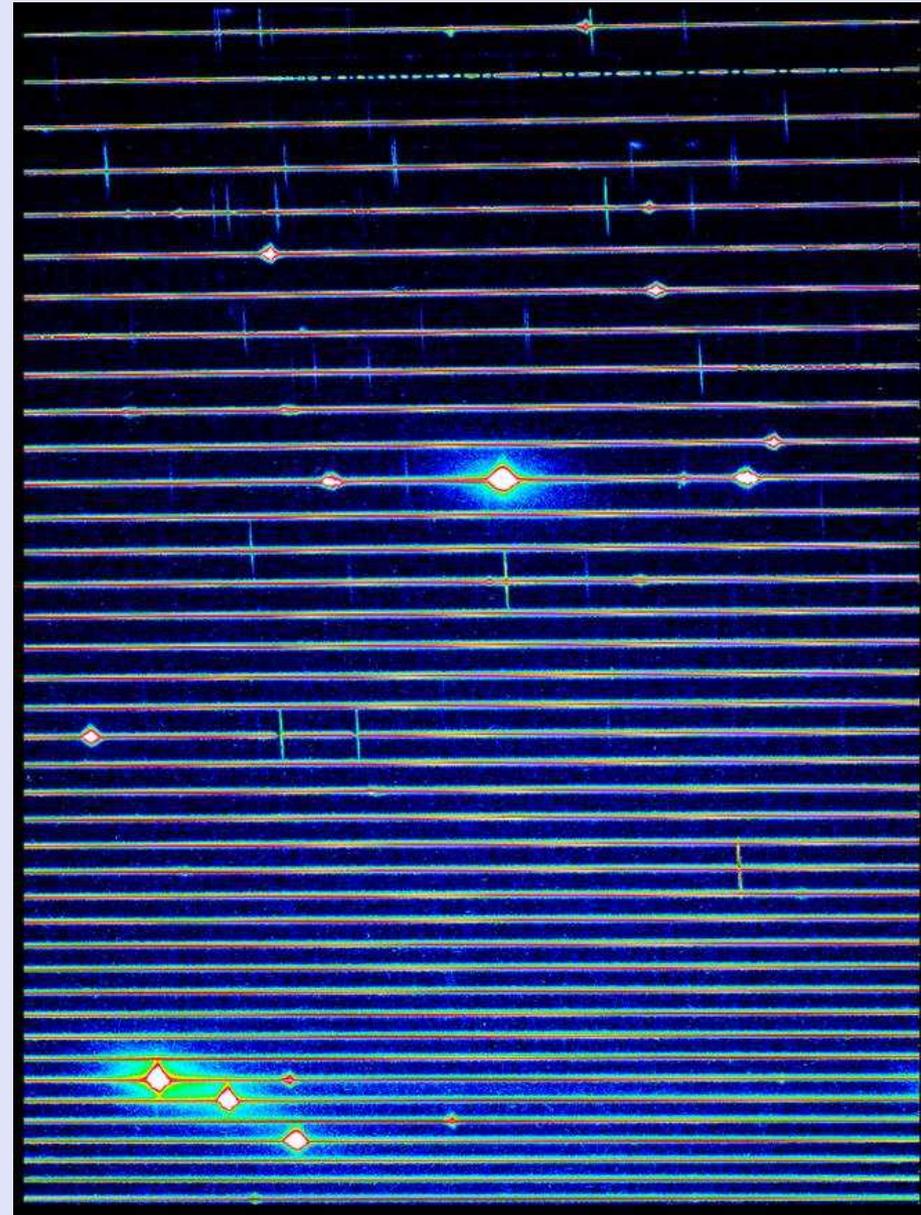
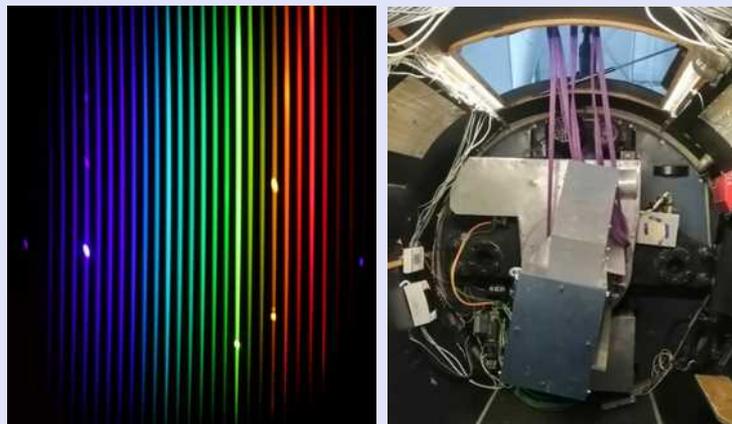
Спектр V694 Mon получен на спаде кратковременной вспышки.

# Развитие методов спектроскопии звёзд на БТА: ESPriF, NES.

Панчук В.Е., Клочкова В.Г., Юшкин М.В., Якопов Г.В. (ЛА), Верич Ю.Б. (СЭК БТА)

Слева: Лабораторное макетирование и монтаж ESPriF в ПФ.  
Оригинальная оптическая схема обеспечивает: а) вращение по P2 в ПФ БТА, б) равномерное распределение порядков, в) возможность корректировки одновременно регистрируемого диапазона. (Научные Труды ИНАСАН, 2020, т.5, вып.6, с.361-367.)

Справа: NES, PN IC2149,  $\lambda\lambda\sim 4500\div 7800\text{\AA}$ . По двухпиксельной ширине линий гидроксила –  $R=80000$ . (Астрофизический Бюллетень, 2022, т.77, №1, с.92-103.)

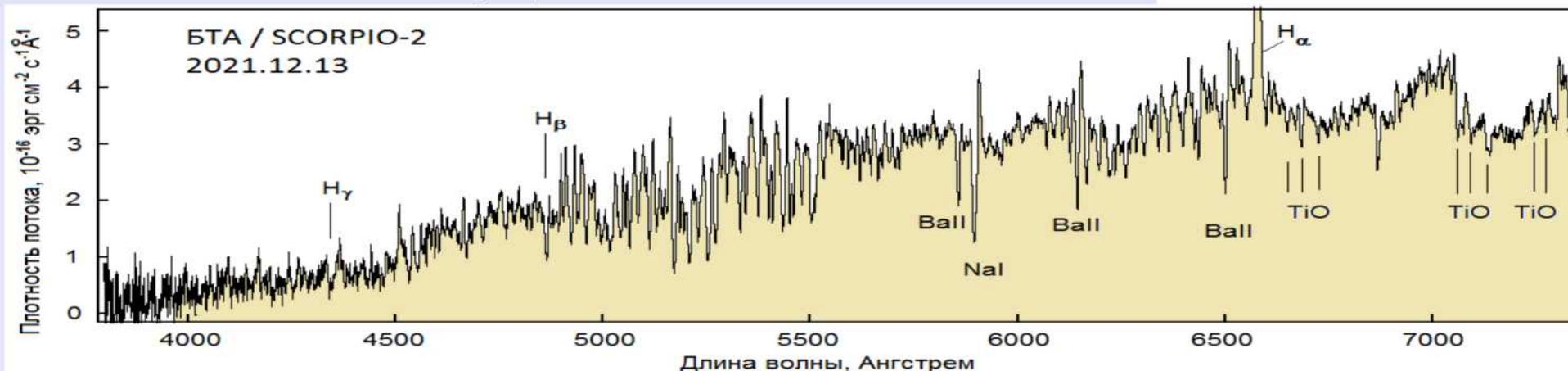
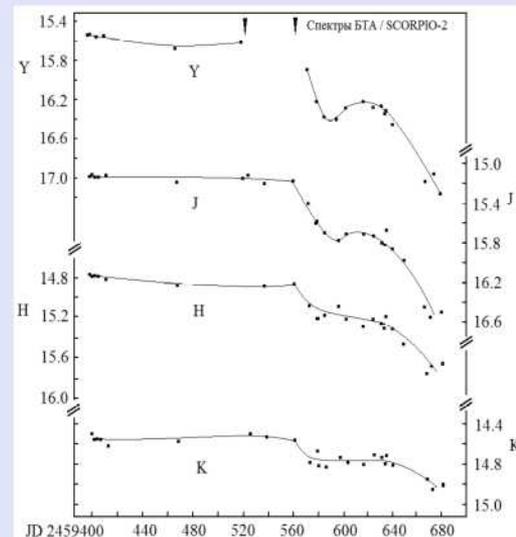


# Красная новая AT 2021biu в галактике NGC 4631

Барсукова Е.А. (ЛФЗ САО РАН), Малыгин Е.А., Опарин Д.В., Уклеин Р.И. (САО РАН); Горанский В.П. (ГАИШ МГУ и САО РАН); Атапин К.Е., Возякова О.В., Шатский Н.И., Татарников А.М. (ГАИШ МГУ); Желтоухов С.Г., Ландер В.Ю., Масленникова Н.А. (Физфак и ГАИШ МГУ);

Yongzhi Cai (Tsinghua Univ., China), Pastorello A. (INAF, Italy) & ILOT team.

Звезда открыта во вспышке 29 января 2021 г. в обзоре неба ATLAS. В оптическом диапазоне объект ослабел до 22<sup>m</sup> R. В полосах YJHK ИК диапазона остается ярким. Длительность вспышки более года беспрецедентна для красных новых. В оптике и в полосе Y наблюдалось повторное поярчение (rebrightening). На БТА/SCORPIO-2 во 2-й половине 2022 г. получено 2 спектра. В декабре заметно формирование молекул в красном диапазоне. Продолжаются ИК наблюдения в КГО ГАИШ на 2.5-м телескопе (результат см. график справа).

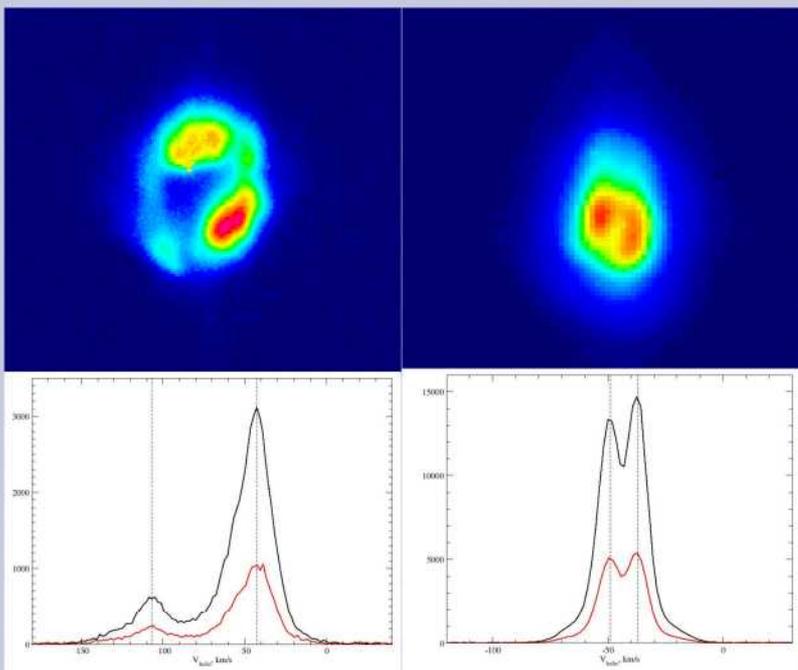


Последний спектр 2021biu. Sp. K5I с необычно глубокими линиями металлов. Бланкетинг эффект.

# Скорости расширения планетарных туманностей

Юшкин М.В., Панчук В.Е. Лаборатория астроспектроскопии

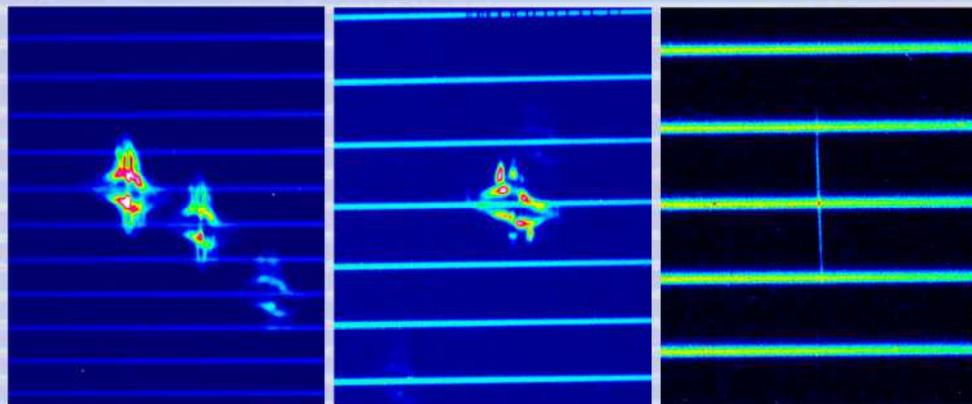
Огромный объем информации о структуре планетарных туманностей (ПТ), получаемый в основном с космического телескопа Хаббл, позволил выявить большое разнообразие морфологических групп этих объектов. Высокоточная астрометрия позволяет обнаружить движение вещества в картинной плоскости различных структурных деталей в ПТ, что в свою очередь позволяет определить тангенциальную составляющую скорости движения вещества туманности. Однако для полной кинематической картины нужно высокоточное определение лучевых скоростей. До сих пор точности определения скоростей расширения ПТ составляла 5-10 км/с, редко доходя до 1 км/с. Наблюдения на НЭС позволяют увеличить эту точность на порядок.



Профили линий [OIII] в спектре IC1747 (слева) и Vу 1-1 (справа). Вверху – двумерное изображения линии  $\lambda 5007$ . Внизу – профили линий [OIII]  $\lambda 4559$  (красный) и [OIII]  $\lambda 5007$  (черный) в направлении на центральный объект.

Наблюдения с длинной щелью (40") на НЭС – новый метод наблюдений, требующий иного подхода к процессу обработки эшелле-спектрограмм. Широкий диапазон позволяет регистрировать одновременно линии различных ионов с различным потенциалом ионизации. Разные линии в общем случае показывают разные скорости движения вещества.

Фрагменты спектра туманности NGC2392 «Эскимос»



Слева-направо:  
[OIII]  $\lambda 5007$ ,  
[OIII]  $\lambda 4559$ , Н $\beta$

[NII]  $\lambda 6584$

Теллурическая  
линия [OI]  $\lambda 5577$   
(аппаратная  
функция)

# В[е]-звезда CI Cam. Взаимодействие компонента с пульсациями в оболочке В-звезды

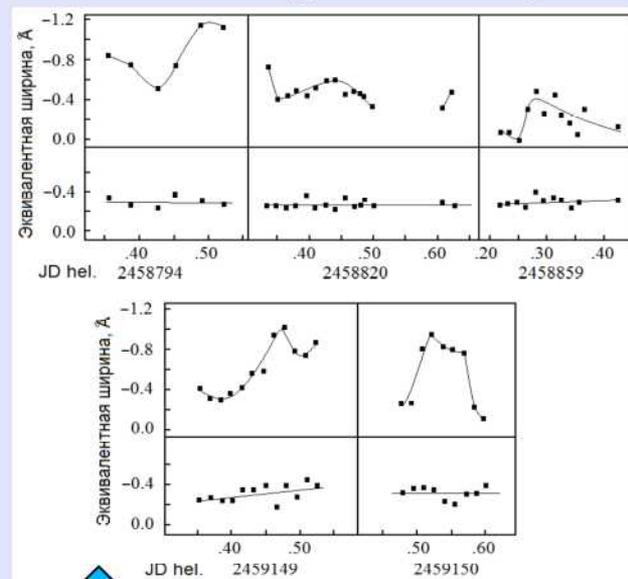
## Вспышки эмиссии He II в нисходящем узле орбиты.

Барсукова Е.А., Буренков А.Н., Винокуров А.С. (САО РАН), Горанский В.П. (ГАИШ МГУ, САО РАН), Якунин И.А. (САО РАН)

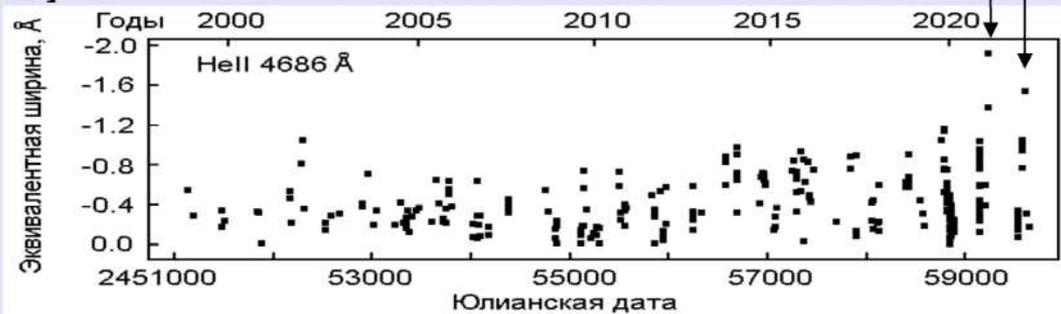
CI Cam – система, состоящая из звезды В4 III-V и компактного компонента малой массы, вероятно белого карлика, на эллиптической орбите с периодом 19.407 дня. В-звезда пульсирует с периодом 0.417 дня. Возможен 3-й компонент. В 1998 году наблюдалась вспышка звезды во всем диапазоне электромагнитных волн.

**Открыта быстрая переменность эмиссии He II. Внизу – контрольная линия [Fe III].**

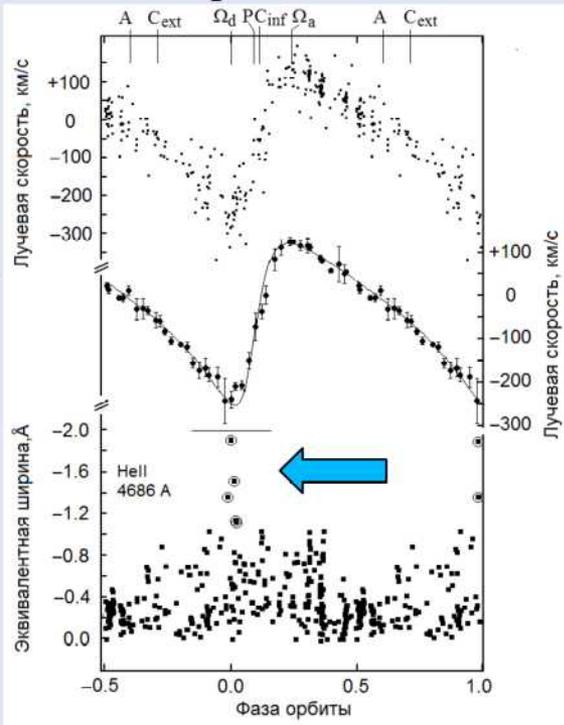
Astronomer's Telegram No.14362, 2021.



2022.01.29 BTA/SCORPIO  
2021.01.25 Zeiss-1000/UAGS



В течение 14 лет после вспышки 1998 г. интенсивность эмиссии He II 4686 Å постепенно увеличивалась.



Кривая лучевой скорости He II 4686 Å (вверху), средняя кривая лучевой скорости и орбитальное решение с  $P=19.407$  дня и эксцентриситетом 0.49 (в середине). Эквивалентная ширина He II 4686 Å (внизу).

Фазы:  $\Omega_d$  и  $\Omega_a$  – нисходящий и восходящий узлы; P и A – периастр и апоастр, Cinf и Sext – нижнее и верхнее соединение спутника. Данные БТА и Цейсс-1000.

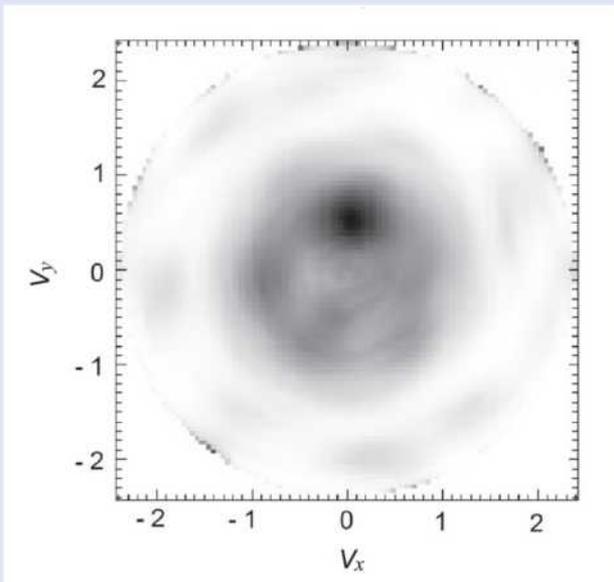
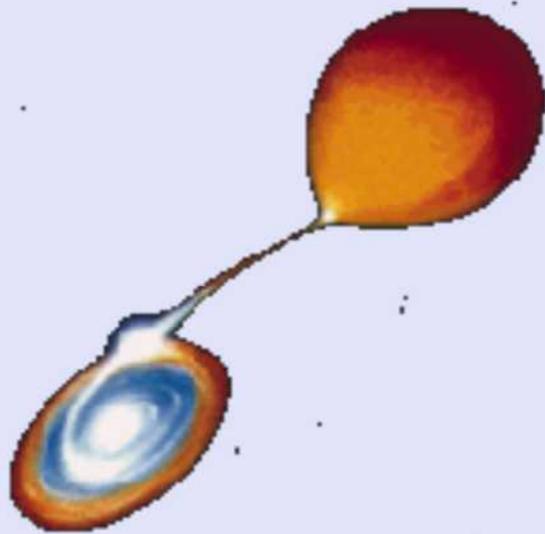
# Определение фундаментальных параметров карликовых новых по спектроскопическим наблюдениям

Шиманский В.В., Борисов Н.В., Дудник А.А.

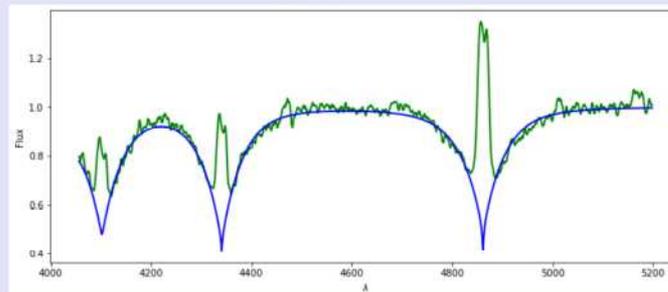
Лаборатория физики оптических транзиентов

В ночи 03.07 и 16.08 на редукторе светосилы SCORPIO-1 БТА получены спектры 12 карликовых новых типов SU UMa и WZ Sge.

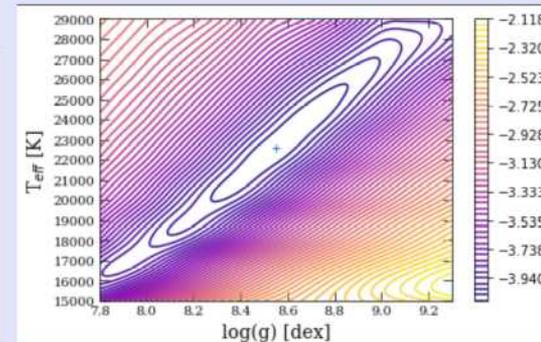
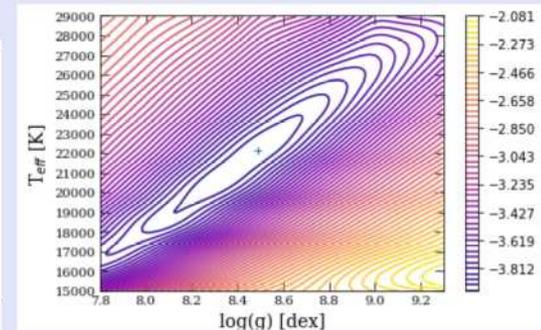
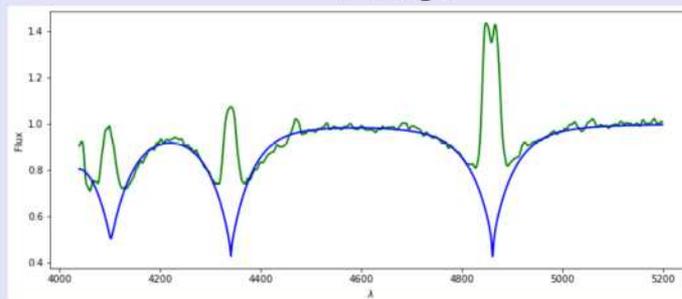
Предварительная фотометрия на РТТ-150 повысила эффективность отбора систем в низком состоянии с доминированием излучения белых карликов до 58% V355 UMa



Доплеровская карта CV в низком состоянии с оптически тонким АД.



WZ Sge



Из модельного анализа спектров определены параметры атмосфер БК и фундаментальные параметры 6 систем (для 3- впервые). Показана эффективность методики модельного анализа для объектов с умеренно зашумленными спектрами ( $S/N > 80$ ) низкого разрешения.

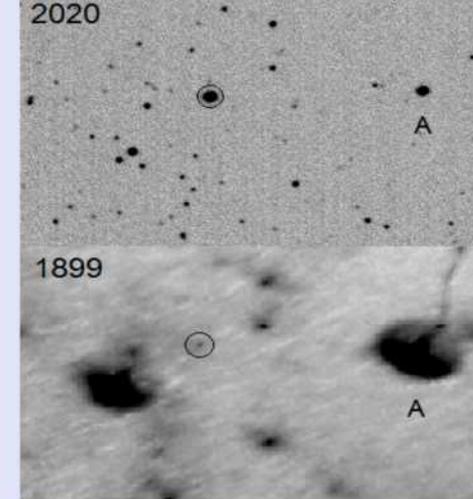
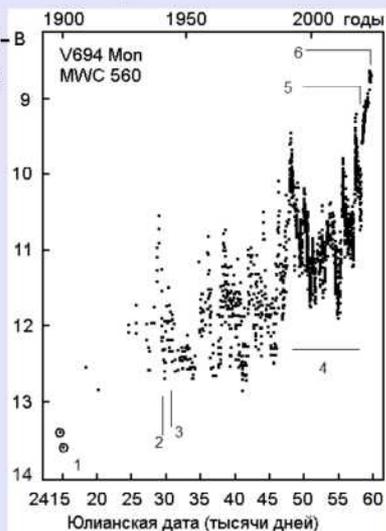
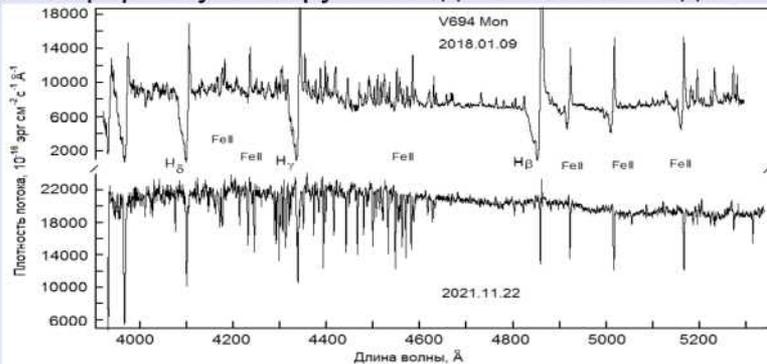
# Симбиотическая система V694 Mon (MWC 560). Аккреция в динамическом режиме. Переход от дисковой аккреции к общей оболочке.

Astronomer's Telegram No.15061, 2021

Горанский В.П. (ГАИШ МГУ; САО РАН); Жарова А.В. (ГАИШ МГУ); Барсукова Е.А., Буренков А.Н., Якунин И.А. (САО РАН)

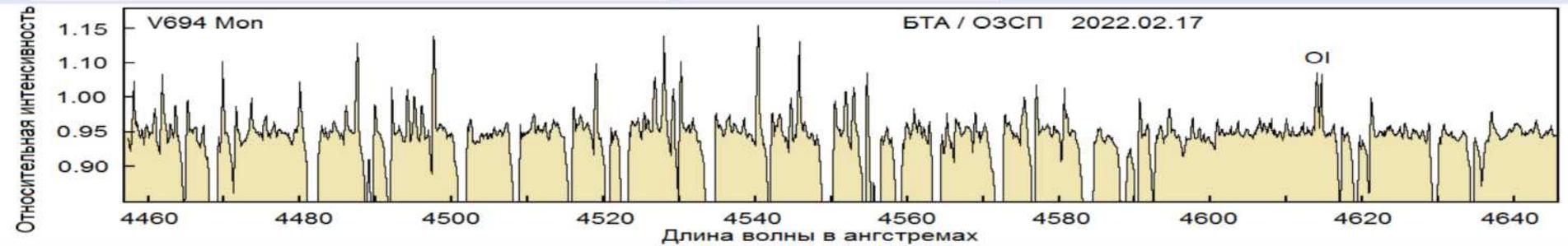
**Динамический режим аккреции (по Ф. Подсядловскому):** когда массивный сверхгигант в двойной системе расширяется в процессе эволюции с конвективной оболочкой и теряет массу, его полость Роша сокращается в объеме из-за переноса массы на соседнюю звезду меньшей массы, и переполняется еще больше, что увеличивает темп потери массы. Оболочка сверхгиганта сливается в динамической шкале времени.

**Спектры Цейсс-1000/UAGS** в синем диапазоне показали переход от толстого диска со струями (широкие абсорбционные компоненты в линиях водорода) к фотосферному спектру А-звезды всего за 3 года.



След звезды отпечатался на снимке сделанном П.К. Штернбергом в Московской обсерватории в 1899 г. За 121 год блеск увеличился в 100 раз.

**История V694 Mon.** 1. Фотоснимки Штернберга. 2. Первый спектр с эмиссиями водорода. 3. Описание спектра с широкими абсорбционными компонентами > 1000 км/с. 4. Открыты компоненты струй со скоростями до 6000 км/с, и наблюдался фликкеринг большой амплитуды. 5. Исчезновение струй и прекращение фликкеринга. 6. Спектр ранний А, полость Роша заполнена.

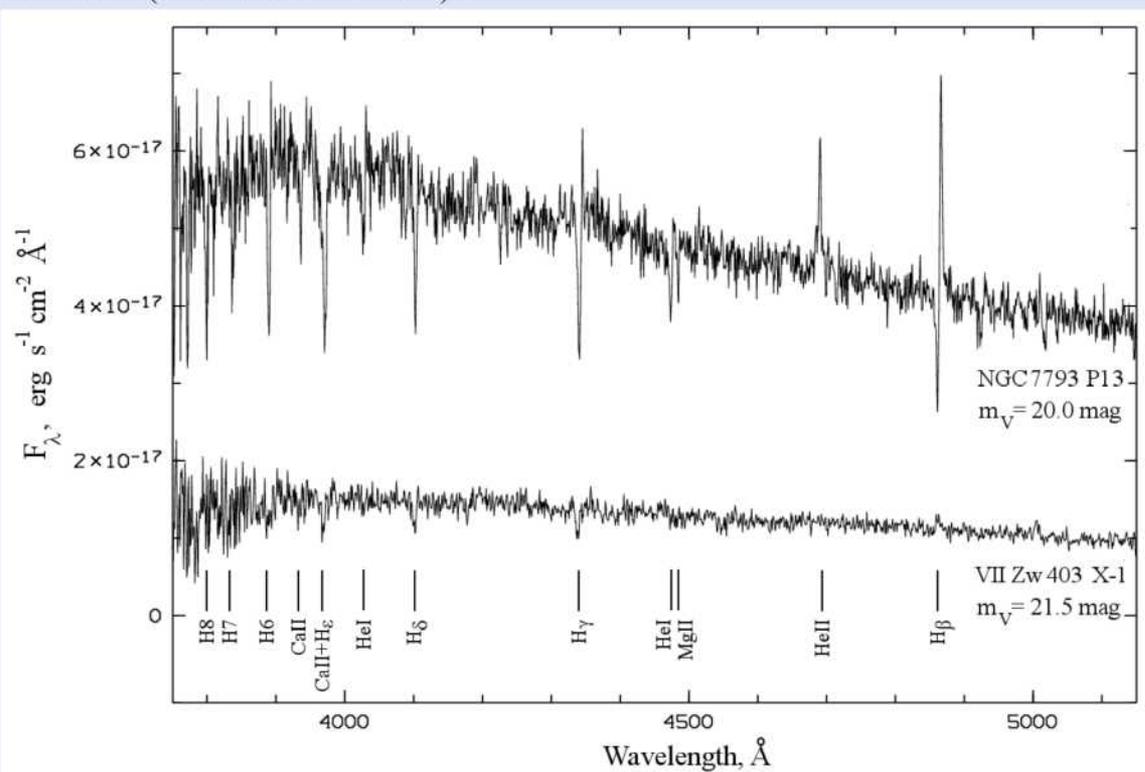


В спектре высокого разрешения, полученном на БТА / ОЗСП в феврале 2022 г., обнаружены слабые узкие линии неизвестной природы. Пока удалось отождествить только дублет O I.

# Спектроскопия и фотометрия ультраярких рентгеновских источников

Винокуров А. С. (САО РАН), Фабрика С. Н. (САО РАН), Атапин К. Е. (САО РАН, ГАИШ МГУ)  
Лаборатория физики звезд

Последние несколько лет в рамках программы на БТА/SCORPIO выполняется мониторинг ультраяркого рентгеновского источника (ULX) в галактике VII Zw 403. Результаты предыдущих лет позволили обнаружить переменность  $\Delta V = 1.40 \pm 0.15^m$ , которая коррелирует с изменением рентгеновского потока объекта (Vinokurov et al. 2020). В ярком состоянии ( $m_V = 20.3^m$ ) VII Zw 403 X-1 демонстрирует спектр с широкими эмиссионными линиями Бальмеровской серии водорода, нейтрального и ионизованного (HeII 4686) гелия. С помощью кода CMFGEN были определены параметры ветра сверхкритического диска X-1 в течение одной из его вспышек: темп потери массы  $\approx 3 \times 10^{-5}$  масс солнца в год, терминальная скорость ветра  $\approx 2100$  км/с, температура фотосферы ветра  $\approx 31.3$  кК (Kostenkov et al. 2020).



В слабом состоянии VII Zw 403 X-1 имеет звездную величину  $m_V = 21.5^m$ . В результате ряда наблюдений нам удалось получить спектр объекта с достаточным S/N, чтобы выявить узкие линии поглощения с шириной  $< 150$  км/с после исправления за аппаратный контур. Мы полагаем, что источником абсорбционного спектра является звезда-донор, которая начинает доминировать в оптическом излучении при уменьшении блеска объекта. Набор линий поглощения в спектре X-1 схож с тем, который наблюдается у известного ультраяркого рентгеновского пульсара NGC 7793 P13 с донором B8 Ia (Motch et al. 2014). Учитывая одинаковые абсолютные звездные величины обоих объектов в слабом состоянии  $M_V \approx -7$ , можно предположить, что донором VII Zw 403 X-1 может являться сверхгигант позднего спектрального класса B.

# СТРУКТУРА МАГНИТНОГО ПОЛЯ CP-ЗВЕЗДЫ 53 Cam

И. И. Романюк, А. В. Моисеева, Д. О. Кудрявцев,  
И. А. Якунин, В. Н. Аитов Лаборатория исследований  
звездного магнетизма

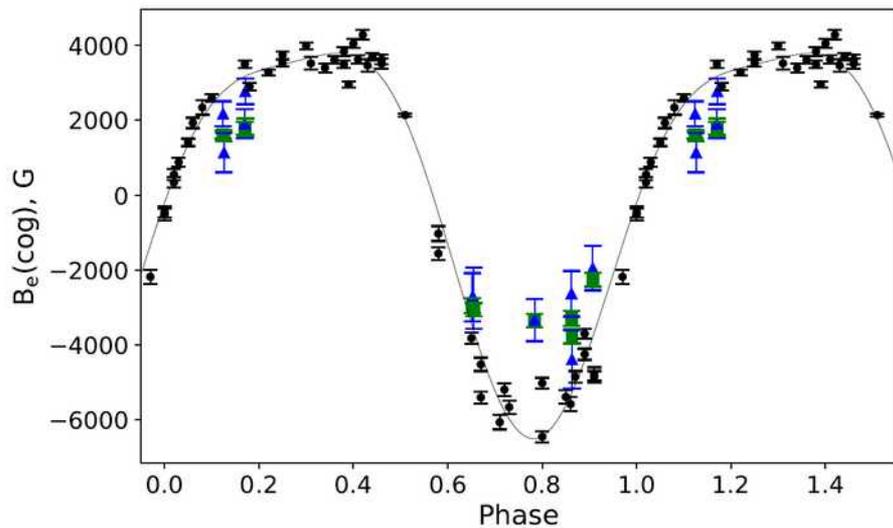


Рис.1 Фазовая кривая измерений  $B_e$  по линиям металлов: ● - измерения из работ Romanyuk et al. (2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020), ■ - измерения  $B_e(V)$ , ▲ - измерения  $B_e(UV)$

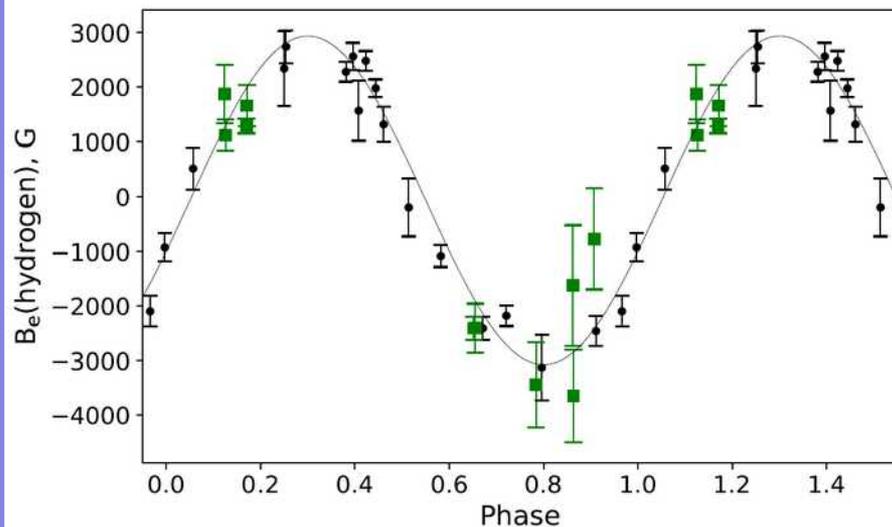


Рис. 2 Фазовая кривая измерений  $B_e$  по линиям металлов: ● - измерения из работы Kudryavtsev & Romanyuk (2011), ■ - измерения  $B_e(UV)$

Выполнены новые наблюдения магнитного поля в ближнем UV диапазоне на БТА при помощи спектрографа ОЗСП.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

На основании наблюдений звезды 53 Cam, мы делаем вывод: магнитное поле имеет сложную структуру.

Результаты измерений, выполненные по линиям водорода (рис. 2), описываются простой дипольной моделью, а измерения по линиям металлов (рис. 1) указывают на более сложную структуру поля.

Мы показали, что магнитное поле  $B_e$ , определенное по спектральным линиям, которые образуются в более глубоких слоях атмосферы, примерно в два раза сильнее, чем для линий, которые образуются в верхних слоях. Найденные особенности могут свидетельствовать о том, что величина поля увеличивается с глубиной в атмосфере 53 Cam.

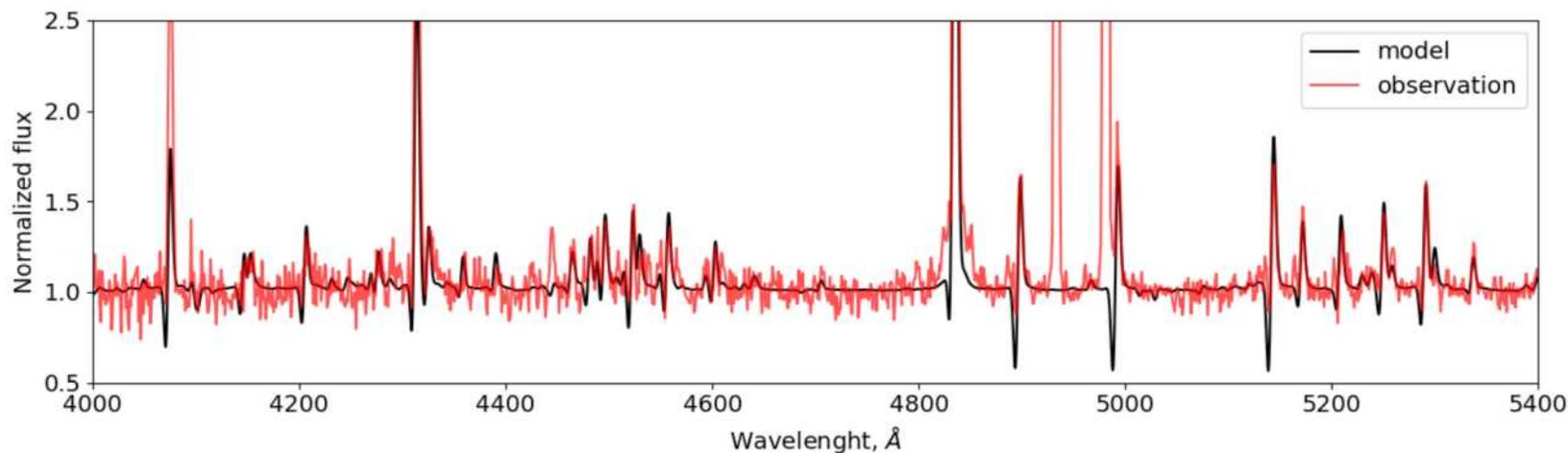
Выводы опубликованы: Romanyuk et al. 2022  
(Astrophysical Bulletin. –2022. –v.77. –n.2. –pp. 123-135)

# Широкодиапазонная спектроскопия LBV звёзд в галактиках Местного объёма

Соловьева Ю. Н., Винокуров А. С., Костенков А. Е., Моисеев А. В. (САО РАН) Лаборатория физики звезд

Программа выполняется на БТА/SCORPIO-2 начиная со второго полугодия 2021 г. Проведены глубокие спектральные и фотометрические наблюдения ряда LBV звезд в шести галактиках Местного Объема, открытых авторами программы в результате предшествующих наблюдений.

С помощью не-ЛТР кода CMFGEN (Hillier & Miller 1998) проведено моделирование спектра NGC1156 LBV-1 в диапазоне 3800-7200Å. Показано, что в холодном состоянии звезда обладает плотным протяженным ветром с темпом потери массы около  $4 \times 10^{-4}$  масс солнца в год, терминальной скоростью  $\approx 300$  км/с и температурой фотосферы  $\approx 9.4$  кК. Оценка болометрической светимости равна  $10^6$  солнечных. Готовится публикация с результатами исследований.

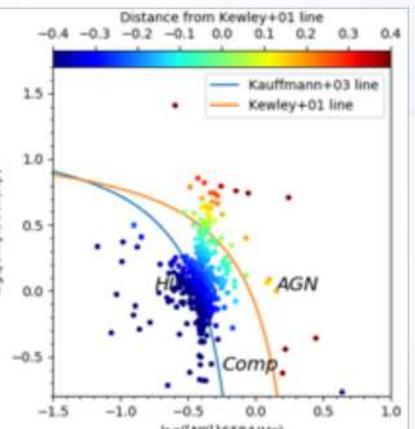
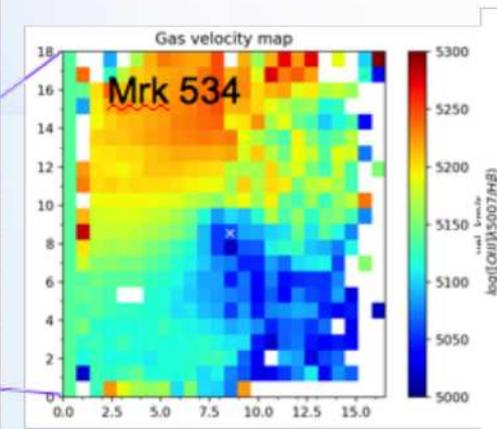
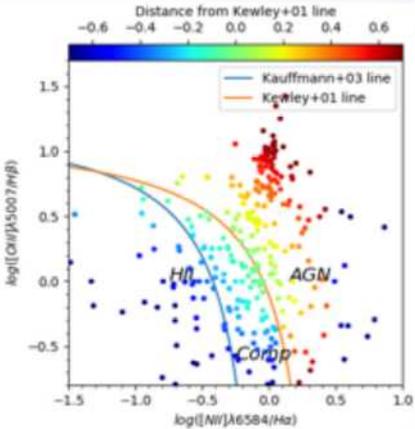
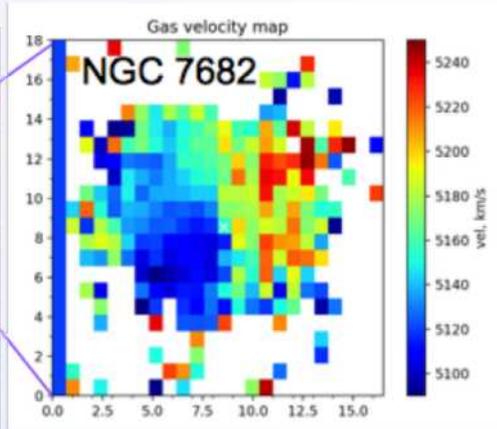




# Ионизованный газ в джетах Сейфертовских галактик

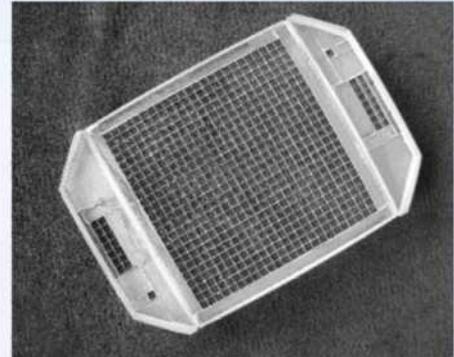
А. Смирнова, А. Моисеев, О. Егоров, А. Ихсанова Лаборатория спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов

Построены карты распределения параметров эмиссионных линий газа и звездного населения в паре активных галактик NGC 7682/Mrk 534. С помощью диагностических диаграмм по отношениям потоков эмиссионных линий проанализирован вклад разных источников (активное ядро, ударные волны, звездообразование) в ионизацию газа. В Mrk534 обнаружен конус ионизации из активного ядра, протянувшийся от него минимум на 8''



Лучевые скорости газа и диагностические BPT- диаграммы

SCORPIO-2 в режиме IFU с новым детектором E2V 261

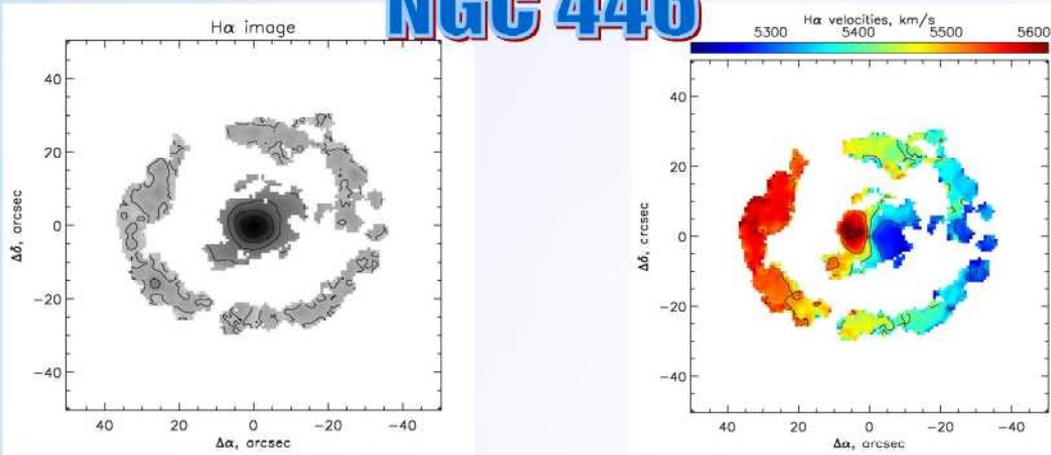


Фотография линзового растра IFU

# Поля скоростей газовых дисков в S0-галактиках

О.К. Сильченко (ГАИШ МГУ), А.В. Моисеев (САО РАН) Лаборатория спектроскопии и фотометрии внегалактических объектов

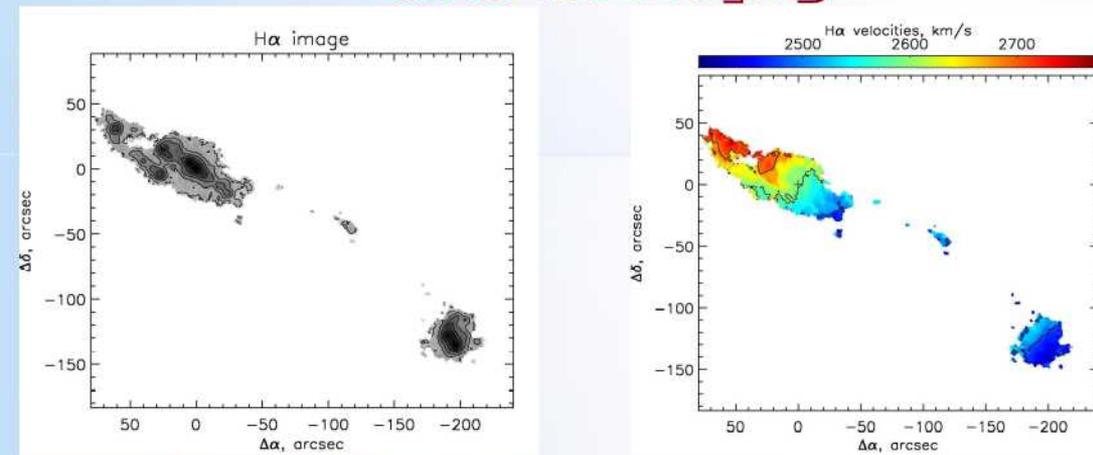
## NGC 446



Газ в дисковых галактиках раннего типа (S0) практически всегда приобретен недавно в результате аккреции (натекания) извне.

Натекая на диск со своим большим орбитальным моментом, газ формирует кольцо, в котором начинается звездообразование.

## UGC 1020 (слева вверху)



Источником газа часто бывает разрушение и поглощение карликового спутника, богатого газом – что хорошо видно на примере UGC 1020.

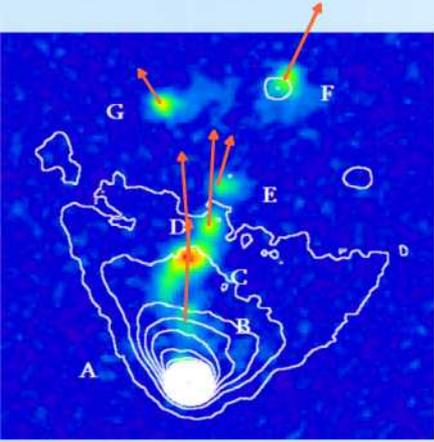
БТА, Scorpio-2, IFP mode

# Коллимированные истечения и проявления аккреционных явлений у молодых звезд

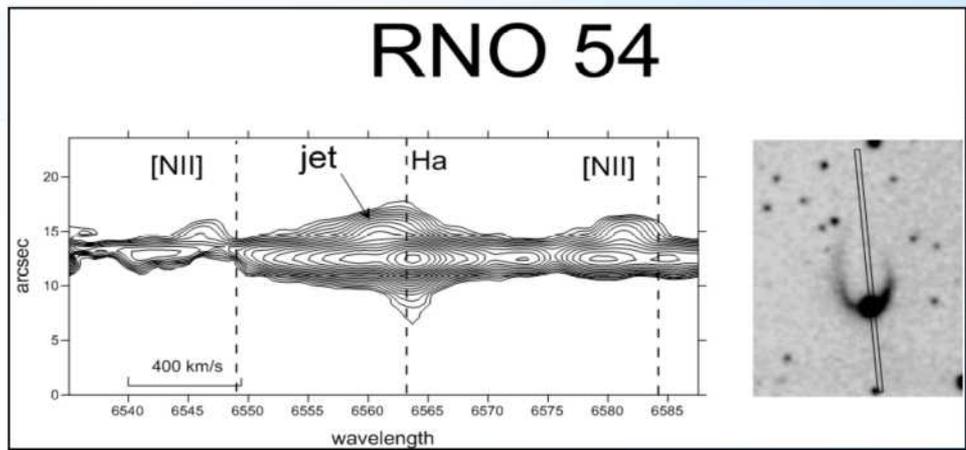
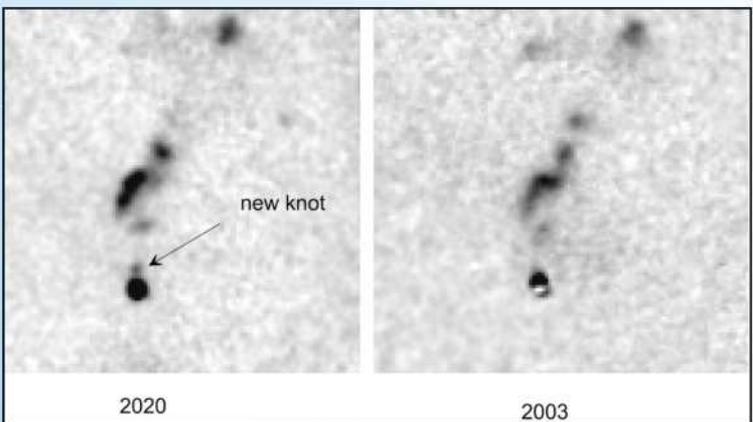
Мовсисян Т.А., Магакян Т.Ю., Моисеев А.В., Андреасян А.Р. (БАО НАН РА, САО РАН)

Для исследования коллимированных истечений из молодых звезд, ведущихся в БАО на протяжении многих лет, наблюдения на БТА имеют особое значение ввиду высокого предела и разрешения. В частности, успешно продолжается проект по изучению собственных движений спектрально выделенных структур в потоках при помощи сканирующего интерферометра Фабри-Перо. Одним из последних примеров является изучение истечения из уникальной молодой звезды PV Сеп. Слева показан общий вид истечения в эмиссии [SII] на фоне отражательной туманности; векторами обозначены величина и направление собственных движений для отдельных структур. Сравнение изображений для двух эпох наблюдений (слева внизу) позволило обнаружить возникновение нового сгустка при последнем повышении яркости PV Сеп (2011-19): практически первое подтверждение теоретических предсказаний.

## PV Сеп



В ходе спектральных наблюдений молодых звезд — источников истечений с длинной щелью удалось выявить микроджет протяженностью в 3" у звезды в туманности RNO 54 (внизу справа, показано положение щели). После вычитания непрерывного излучения на двумерном спектре хорошо видны линии эмиссии H $\alpha$  и [NII], к северу от источника смещенные в коротковолновую область, указывающие на истечение по оси отражательной туманности, связанной с источником. Все попытки его обнаружения, предпринятые в мире до того, результатов не дали.



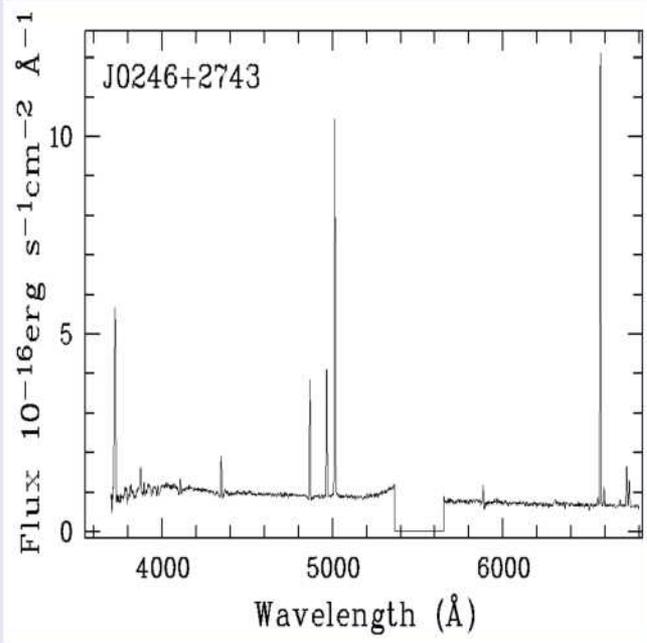
## Ионизованный газ в областях звездообразования

Моисеев А.В. + ИНАСАН (Кирсанова М.С., Вибе Д.З...)

На Цейсс-1000 с помощью прибора MaNGaL выполнено картирование галактических областей ионизованного водорода Sh-106, 152, 158, 162, 237 в линиях  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $[NII]$ ,  $[SII]$ . Цель работы - построение карт внутреннего поглощения ( $A_V$ ) и электронной плотности ( $n_e$ ) для восстановления трехмерной структуры областей звездообразования. Методика описана в первой статье проекта

(область Sh-S235, Kirsanova et al. 2020, MNRAS).



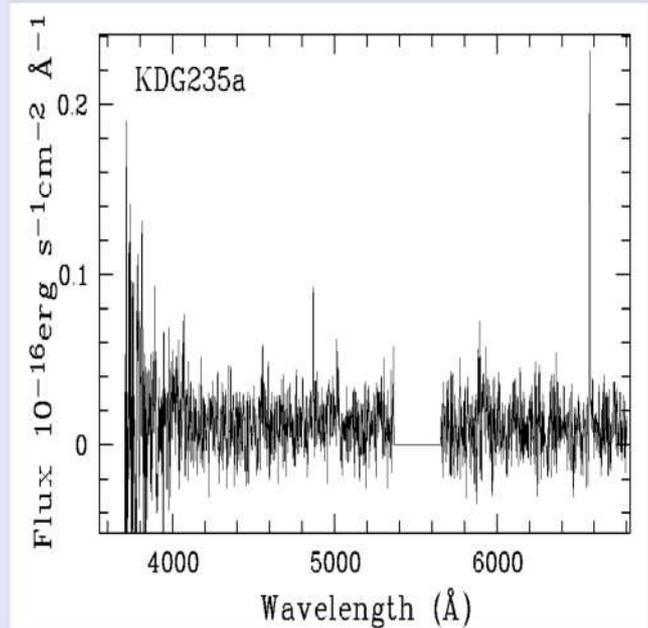
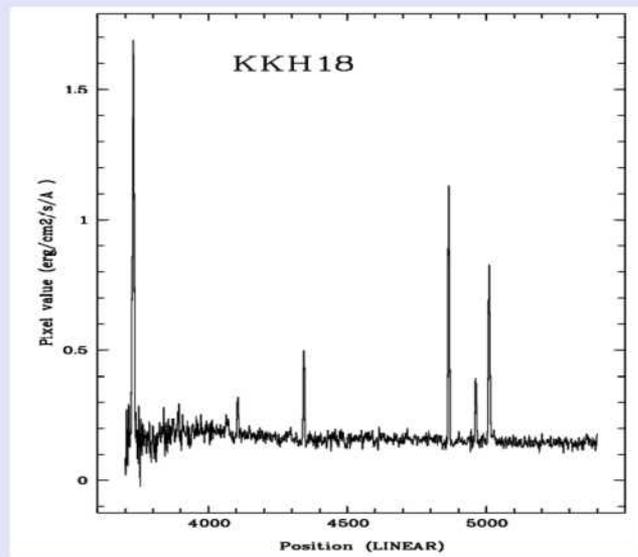


## Наиболее изолированные карлики Местного Объема: изучение особенностей их эволюции

Пустильник, Теплякова, Перепелицына (САО), Егорова,  
Князев (ГАИШ) - Лаборатория внегалактической астрофизики и  
космологии

Для 6-ти галактик получены спектры. Оценки  
металличности газа — для 4-х. Из-за погодных условий на  
сегодня программа выполнена на ~40%.

Найдено 3 **НОВЫХ ОЧЕНЬ** низко-металличных галактики,  
с  $12+\log(\text{O}/\text{H}) = 7.1, 7.25$  и  $7.3$ . Для 2-х из них нужны  
новые спектры лучшего качества.



**2 ночи в 2-ом полугодии 2021 г., 4.5 часа наблюдений при среднем seeing ~2.5-3".**

## Обновление приборной базы в рамках национального проекта «Наука», 2021 год.

для Нэсмит-2 БТА:

- а) виброизолированный оптический стол
- б) калибровочный модуль для предщелевой части фокуса
- в) внеосевой параболический коллиматор

для ОАП им. Д.Максутова СПбФ:

- а) автоматический контактный трехточечный сферометр
- б) оптический стол с пневматической системой виброизоляции

Зеркально-линзовая камера оптоволоконного спектрографа высокого спектрального разрешения

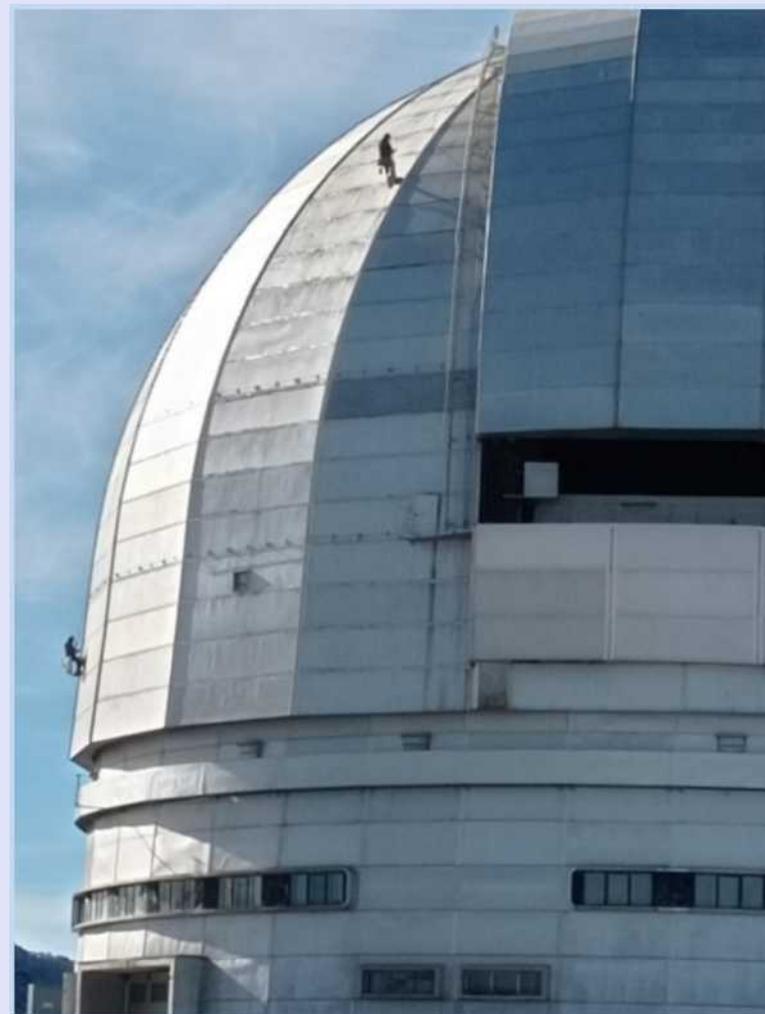
Универсальная метеостанция с AllSky

Криорефрижератор для субмм диапазона

## Капитальный ремонт, 2021 год

Капитальный ремонт отмостки с  
заменой бордюрного камня башни  
БТА

Герметизация горизонтальных  
швов купола БТА



## Acknowledgments в публикациях

БТА (САО РАН)

Часть наблюдательных данных получена на уникальной научной установке Большой телескоп альт-азимутальный САО РАН и работа по { обработке наблюдательных данных | моделированию звездных спектров | составлению каталога галактик } выполнена в рамках гранта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 075-15-2022-262 (13.МНПМУ.21.0003). Обновление приборной базы осуществляется в рамках национального проекта «Наука».

Спасибо за внимание

