

# *Представление научного доклада*

*аспиранта 4 курса Опарина Д.В.*

*тема диссертационного исследования:  
Изучение воздействия звездообразования на  
ионизованный газ в галактиках*

*ЛСФВО*

*Научный руководитель: Моисеев А.В.*

## Цели и задачи.

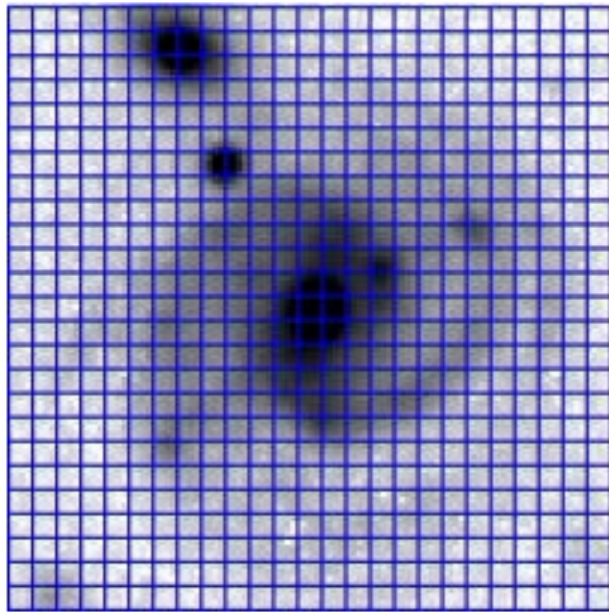
- Картирование туманностей, связанных с галактическим ветром методом панорамной спектроскопии на 6-м телескопе САО РАН
- Построение моделей описывающих наблюдаемую кинематику галактических ветров, с целью определения основных параметров истечений.
- Разработка методов определения источников ионизации диффузного газа в галактиках с помощью сочетания классических спектрофотометрических методик с информацией о дисперсии скоростей газа
- Разработка методов сравнительного анализа данных, полученных различными методами панорамной спектроскопии, включая и созданный в САО РАН картировщик эмиссионных линий MaNGaL для телескопов среднего диаметра.

# Структура и содержание.

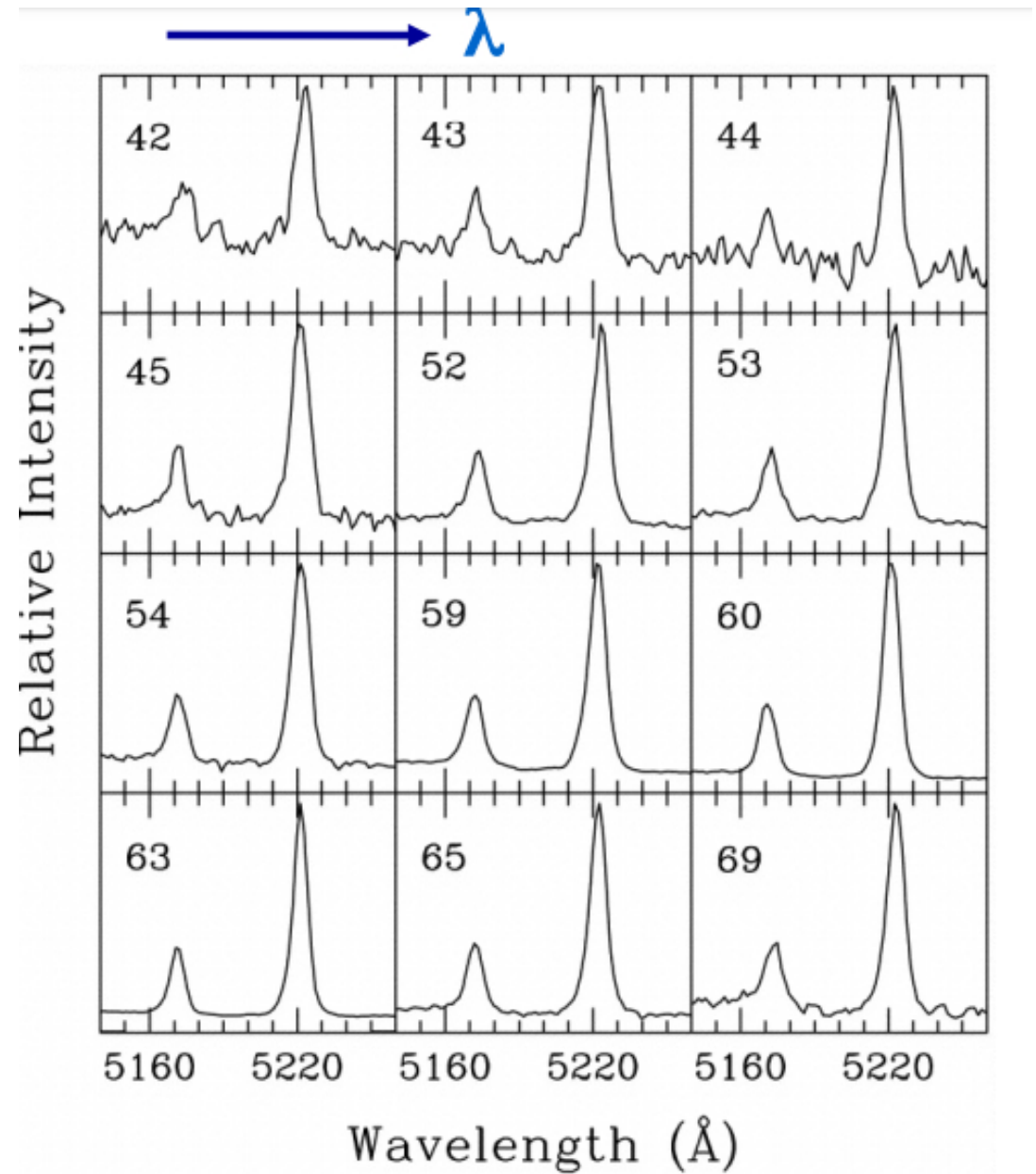
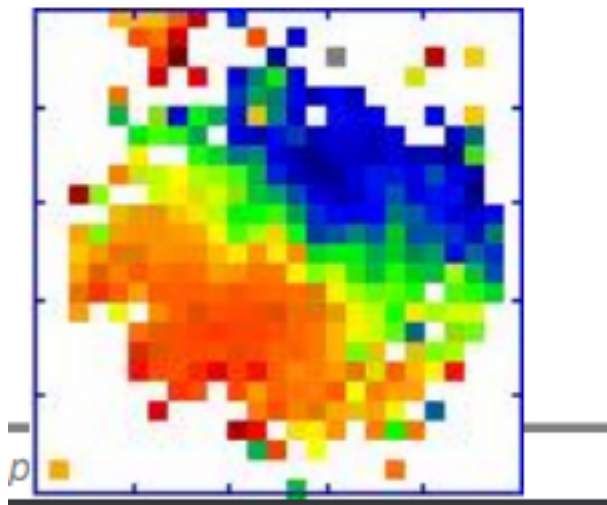
- Введение
- Глава 1. Наблюдения и обработка данных
- Глава 2. Пространственное моделирование истечений
- Глава 3. Диагностика ионизованного газа в галактиках с помощью соотношения  $V_{PT} - \sigma$
- Глава 4. Фотометрия с перестраиваемым фильтром
- Заключение

# 3D-спектроскопия

3D



Поле скоростей

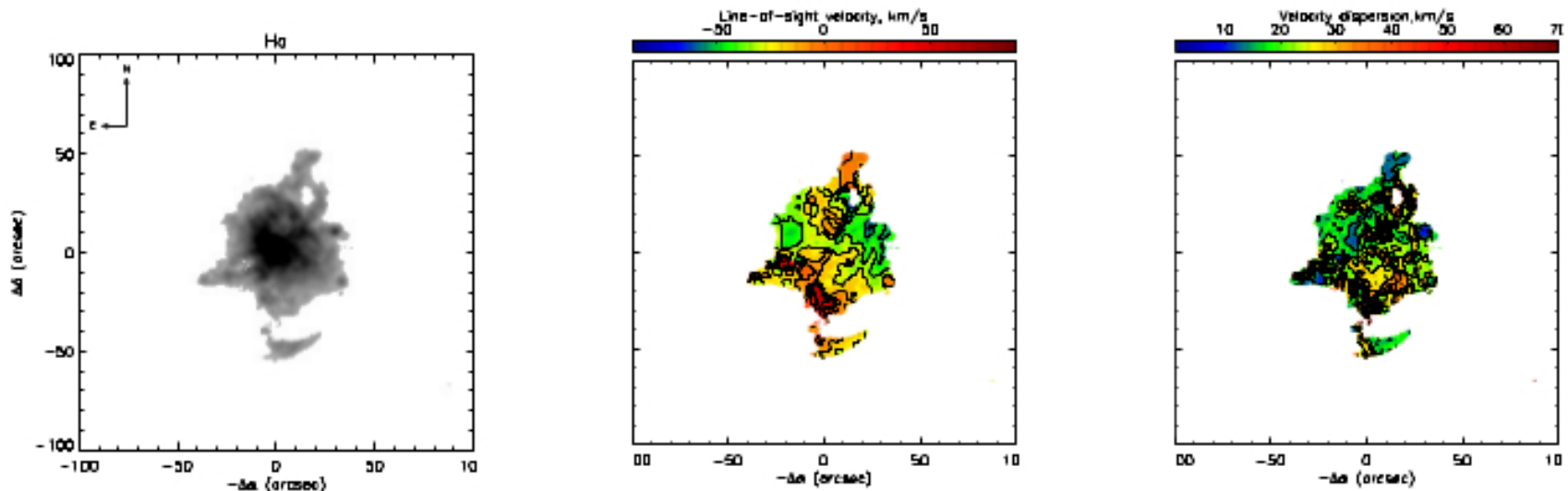


# Глава 1. Наблюдения и обработка данных

1.1 Обработка наблюдений с ИФП

1.2 Панорамная спектроскопия. Спектры низкого разрешения

1.3 Узкополосная фотометрия с MaNGaL



Карты ИФП

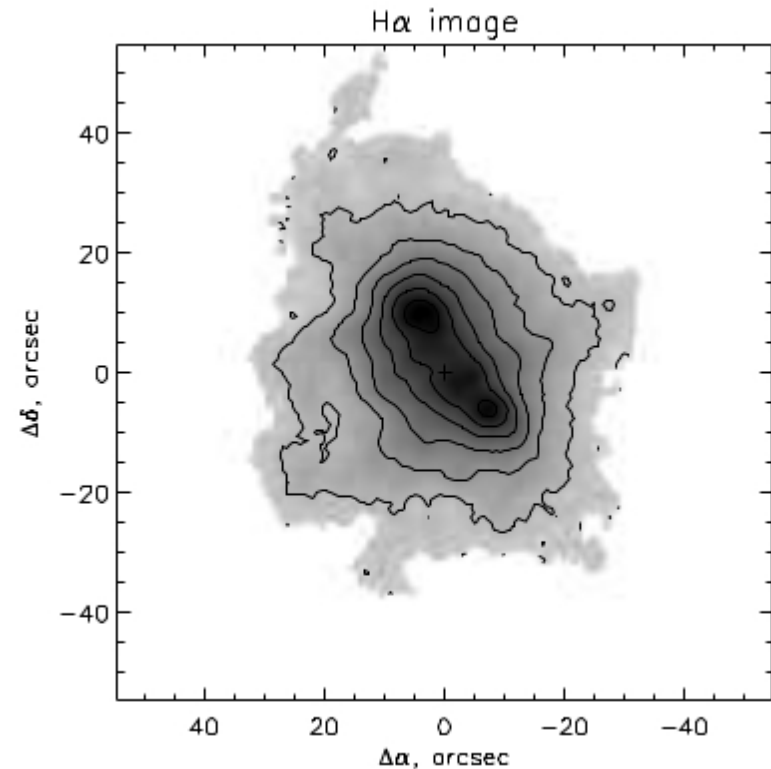
## Глава 2. Пространственное моделирование истечений.

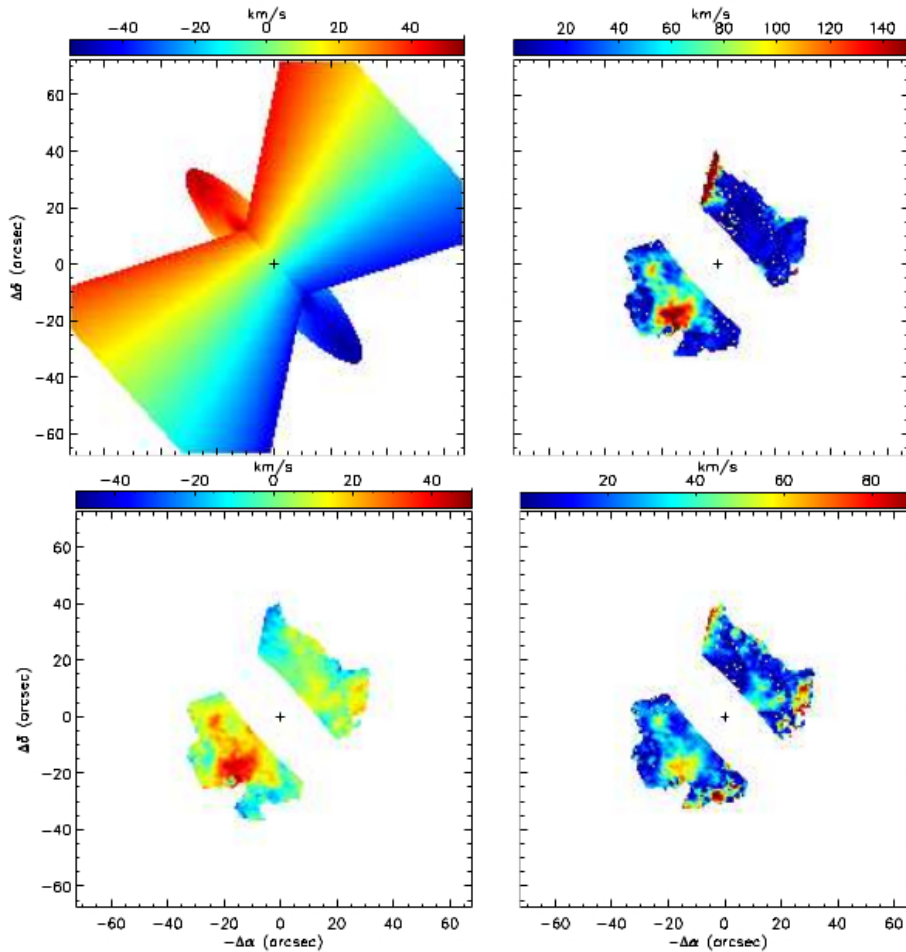
### 2.1. NGC4460



H $\alpha$  (red)+continuum  
Moiseev, Kaisin & Karachencev, 2010

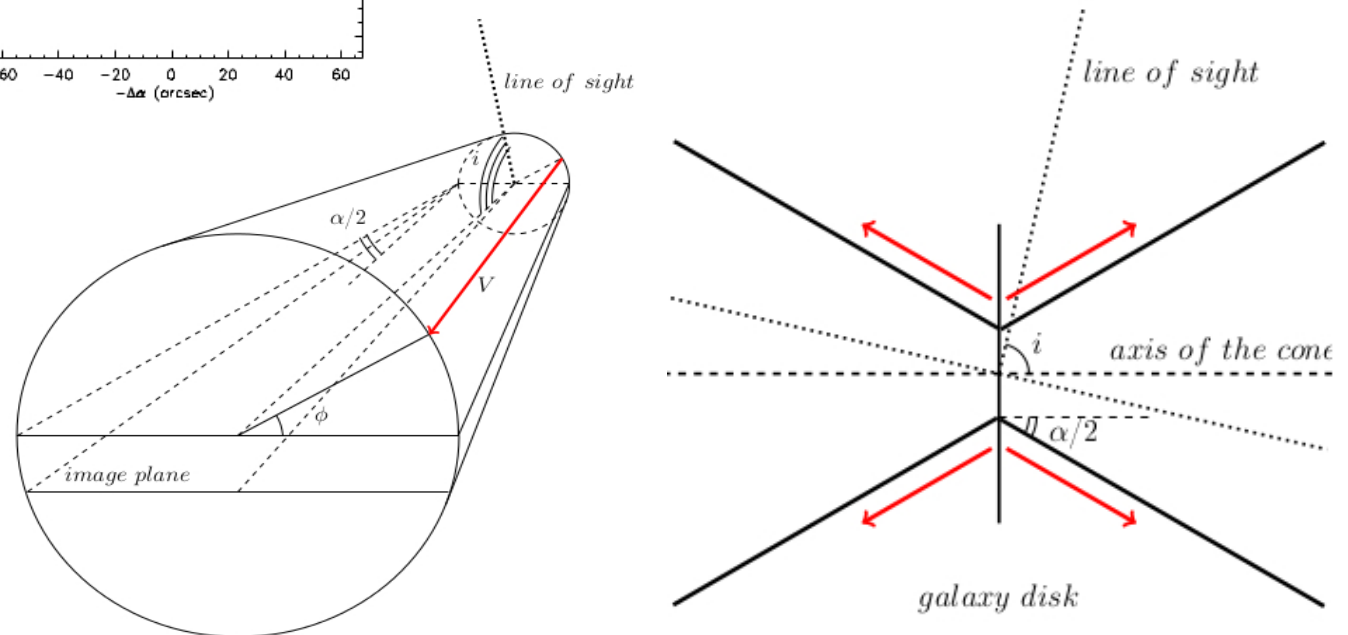
- Карликовая изолированная галактика с центральной областью звездообразования и ветровой структурой
- Данные получены на БТА (ИФП, SCORPIO-2). H $\alpha$ , R $\sim$ 15000



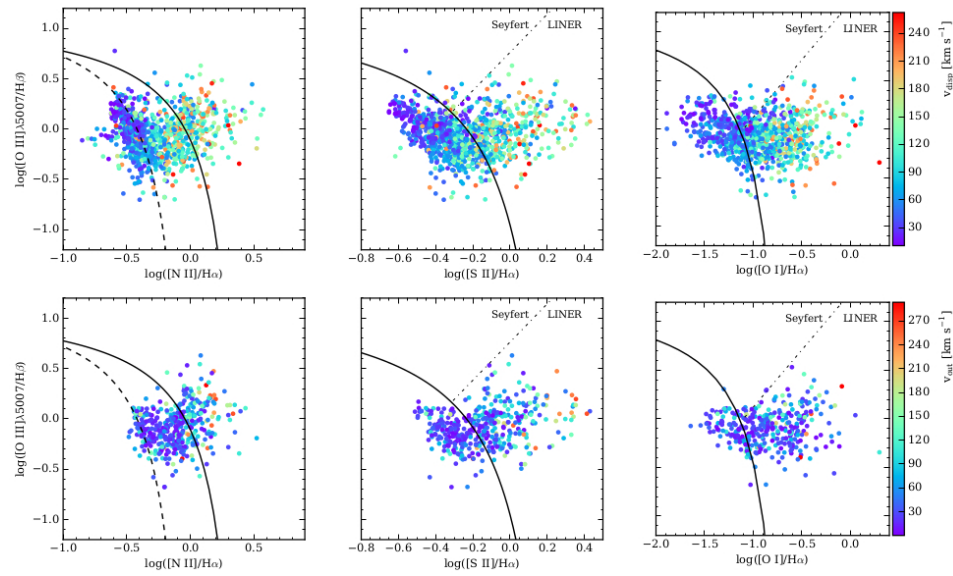
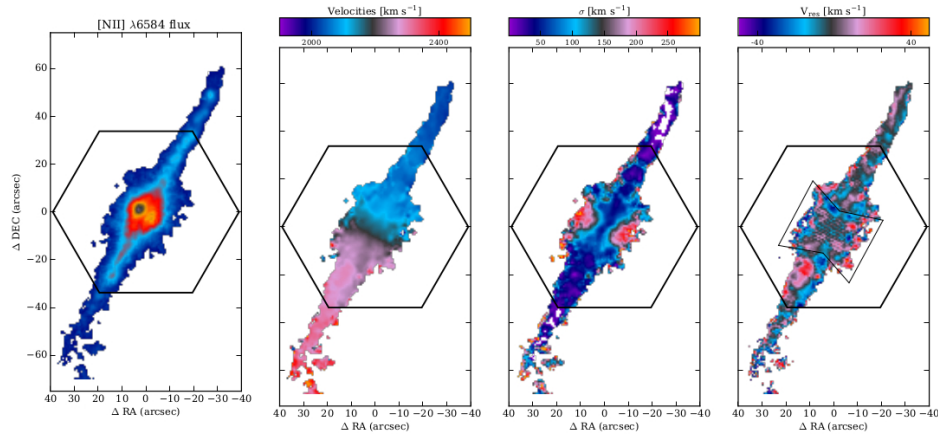


- Построена биконическая модель истечений
- Определены параметры ветра: скорость, масса выброшенного вещества, динамический возраст структуры. Уточнена ориентация конуса.

$V_{out}=30\sim 80$  km/s  
 $M=1.7\cdot 10^9$   $M_{sun}$   
 $T_{dynamic}=20\sim 50$  Myr  
 $E=(0.3\sim 2.2)\cdot 10^{52}$  erg



## 2.2. UGC10043:

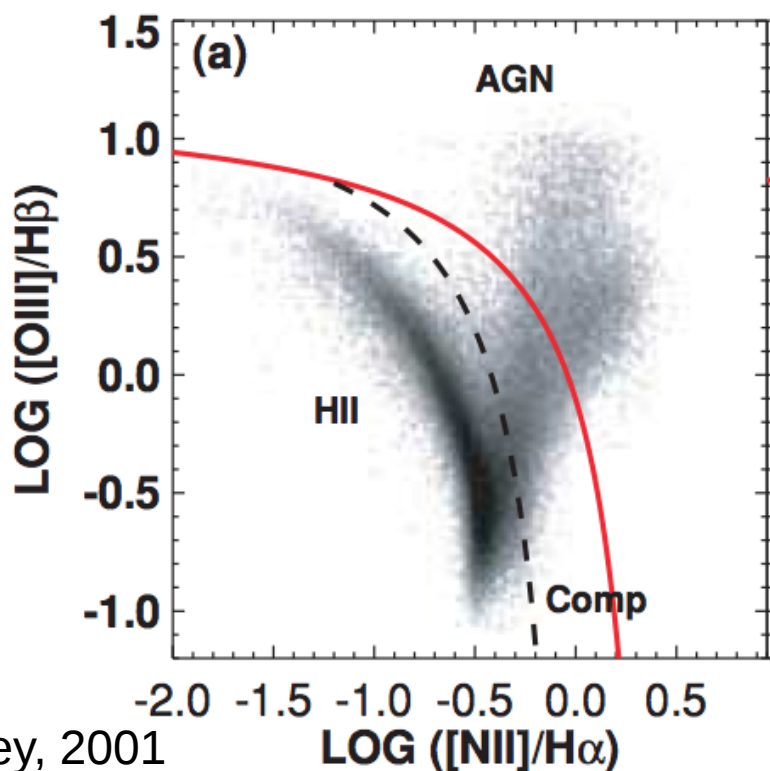


- Видимая с ребра галактика с центральной областью звездообразования и ветровой структурой
- Совместная работа с группой CALIFA — сопоставление данных IFU (PPAK, 3.5-м телескоп Calar-Alto) и ИФП (SCORPIO-2, 6-м телескоп БТА)
- Использование биконической модели ветровой структуры (см. выше) позволило вычислить скорости истечений до  $\sim 250$  km/s
- Сопоставление BPT (Baldwin, Phillips & Terlevich) — диаграмм и ИФП-карт дисперсии лучевых скоростей ( $\sigma$ ) позволило оценить скорости ударных волн в ветровой туманности  $< 300\sim 400$  km/s

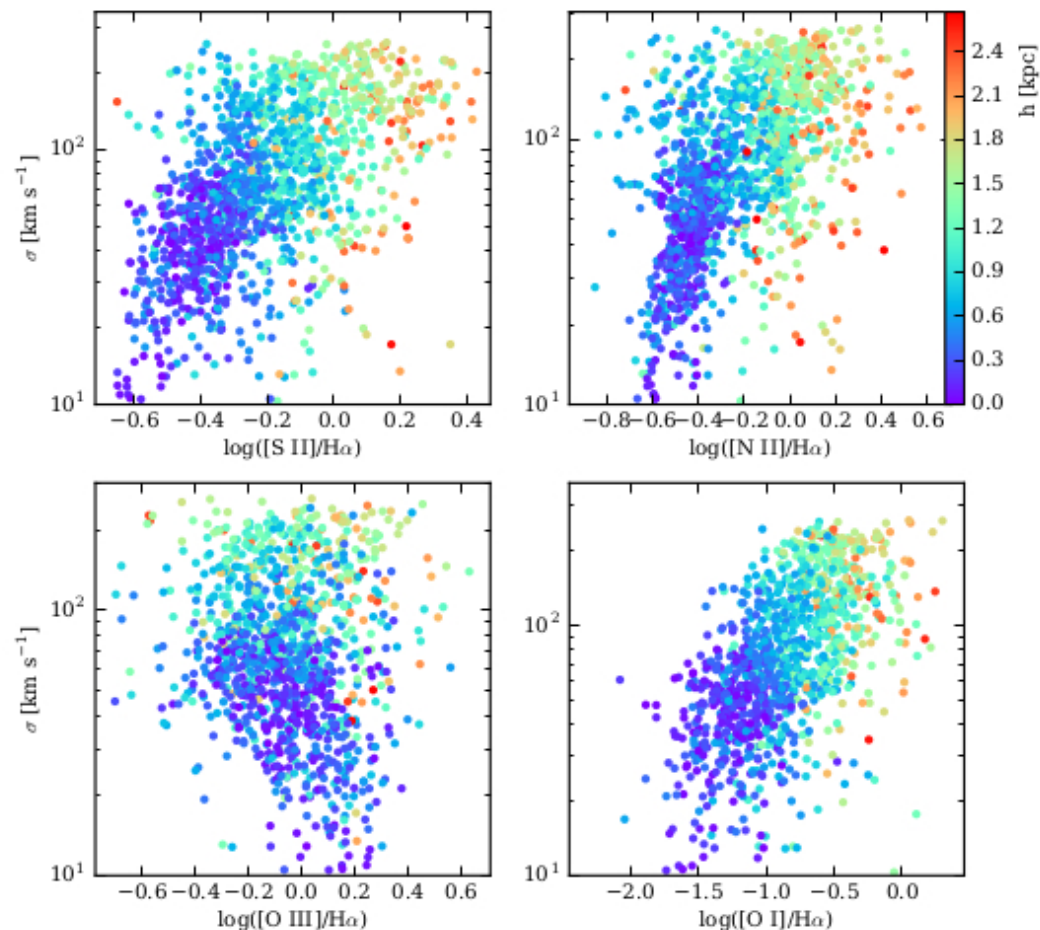


# Глава 3. Диагностика ионизованного газа в галактиках с помощью соотношения BPT- $\sigma$ :

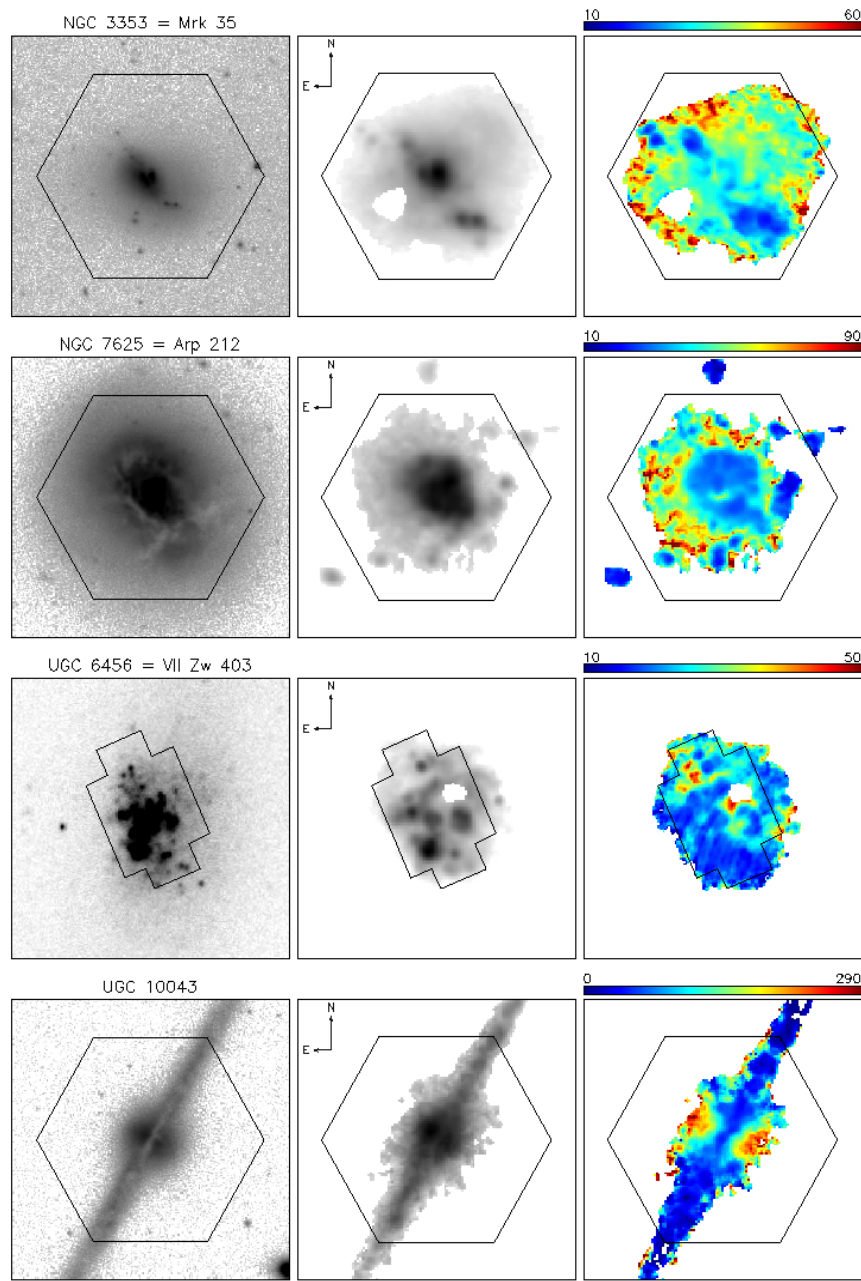
- Ранее диаграммы BPT- $\sigma$  использовались для изучения объектов с  $SFR > 1 M_{\text{sun}}$
- Большое спектральное разрешение ИФП позволило применить этот метод для случаев  $SFR < 0.5$



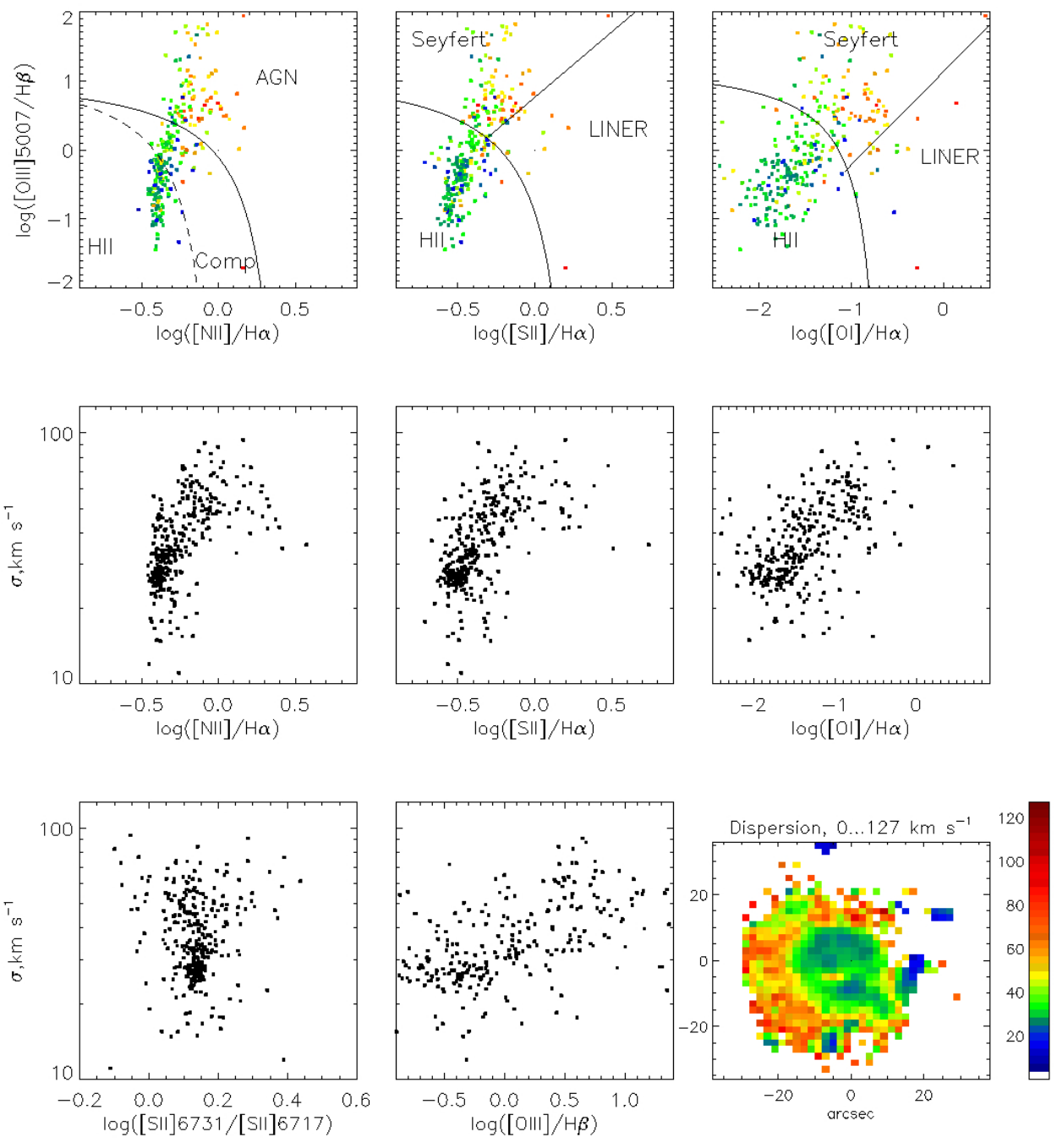
Kewley, 2001



# Глава 3. Диагностика ионизованного газа в галактиках с помощью соотношения $VPT-\sigma$ :



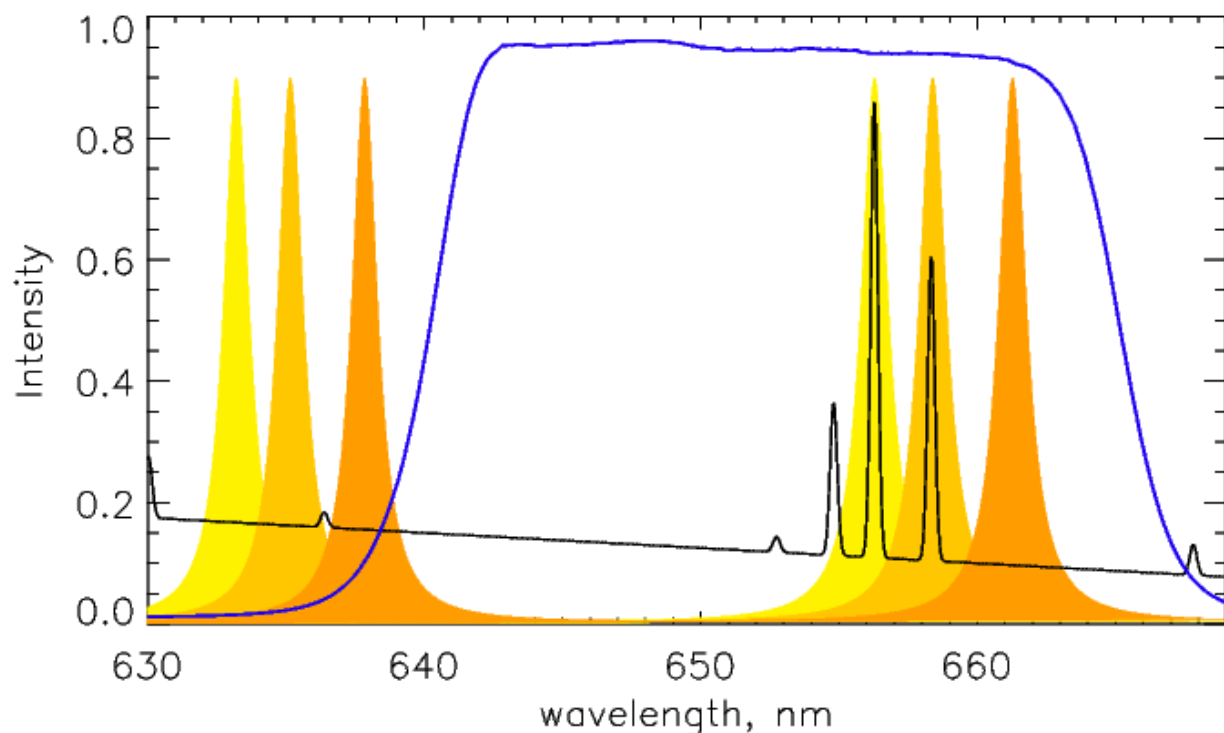
- 4 галактики (Mrk 35, Arp 212, VII Zw 403, UGC 10043)
- Наблюдались с ИФП и иными панорамной спектроскопии



## VPT- $\sigma$ :

- Построение VPT- $\sigma$  диаграмм по данным панорамной спектроскопии с FPI и IFU позволяет лучше понять причины ионизации межзвёздной среды и оценить вклад ударного возбуждения.
- Подтверждено предположение о прямом столкновении газовых облаков на наклонных орбитах с с основным галактическим диском в галактике Arp212.
- В областях текущего звездообразования в галактиках Mrk35 и VII Zw403 доминирует фотоионизация. Области низкой поверхностной яркостью во внешних частях Mrk35 демонстрируют существенный вклад ударного возбуждения в ионизацию газа.

# Глава 4. Узкополосная фотометрия с перестраиваемым фильтром



MaNGaL

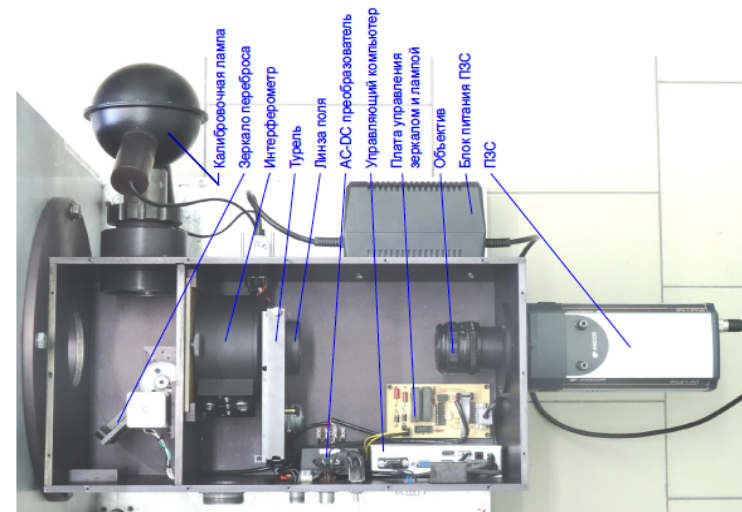
Диапазон: 4600-7500 Å

FWHM:

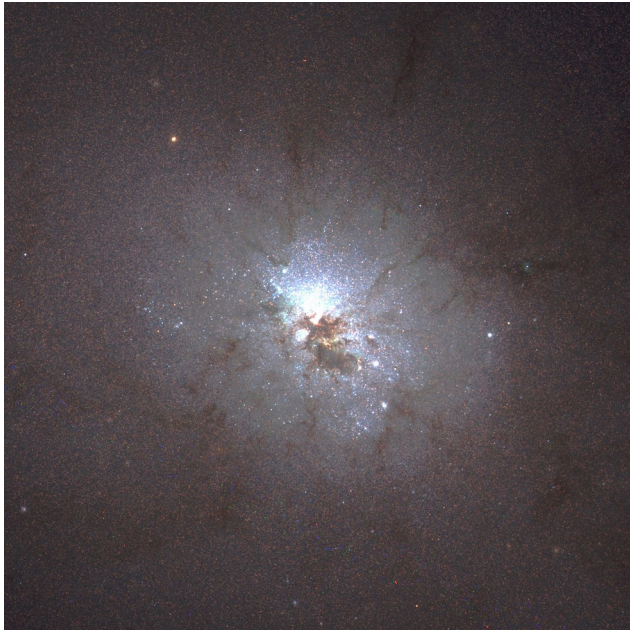
$\delta\lambda = 15-25 \text{ \AA}$  (зазор ИФП = 5-14  $\mu\text{m}$ )

Возможно управление шириной полосы

- Другой способ построения ВРТ-диаграмм - использование перестраиваемого фильтра



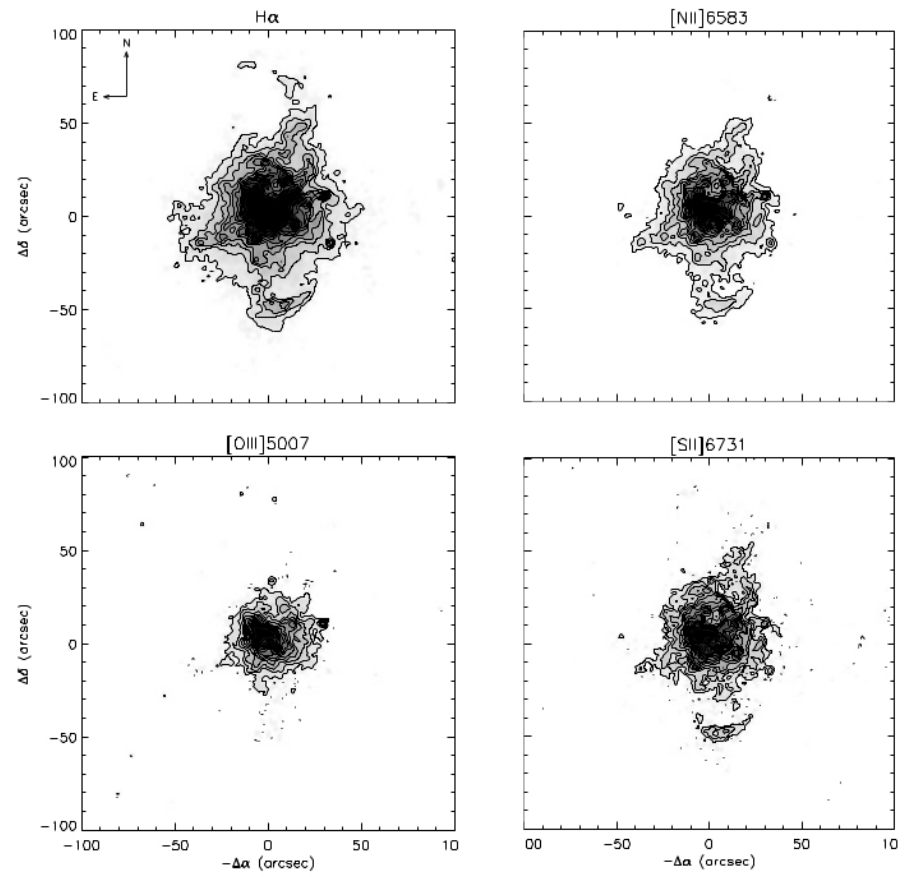
# NGC3077

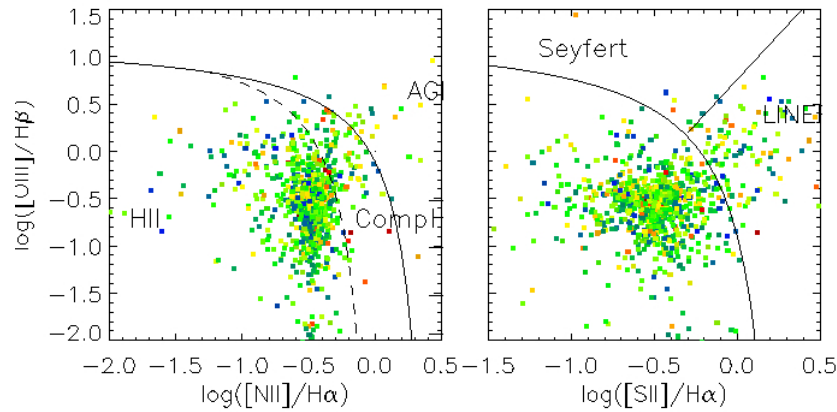


SDSS

- Сложное распределение H $\alpha$  в группе M81. Попытка понять характер движений и ионизации газа
- Данные: 6-м БТА (SCORPIO-2: FPI и LS), 2.5-м КГО (MaNGaL: tunable filter)

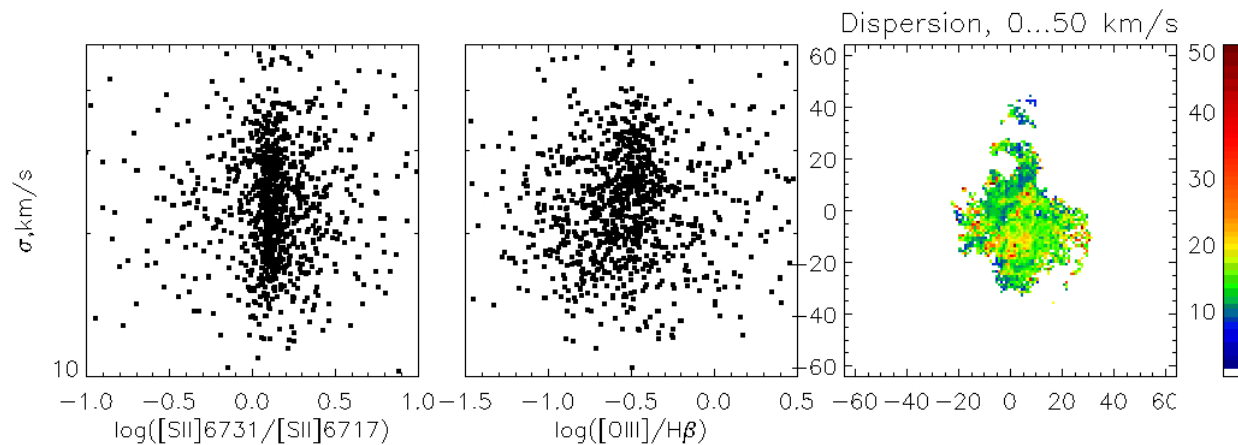
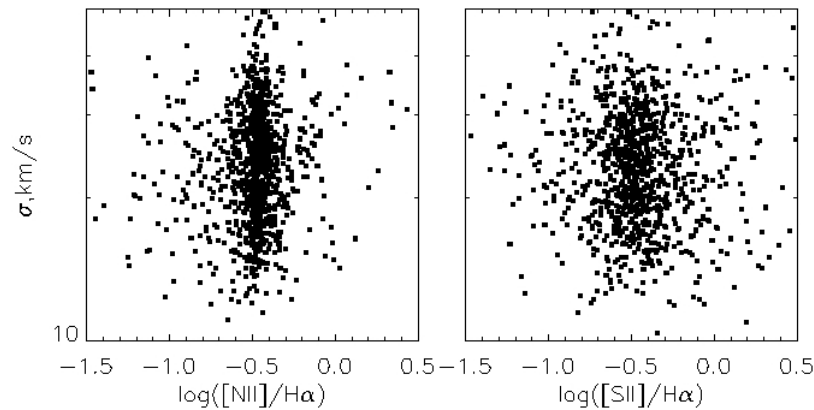
MaNGaL





- Сложное распределение HI в группе M81. Попытка понять характер движений и ионизации газа

- Данные: 6-м БТА (SCORPIO-2: FPI и LS), 2.5-м КГО (MaNGaL: tunable filter)



## Заключение

- Обработан большой объём наблюдательных данных (SCORPIO и SCORPIO-2, БТА). Получен новый наблюдательный материал (MaNGaL, КГО)
- С помощью моделирования получены оценки кинематических параметров ветровых структур в галактиках NGC4460 и UGC10043. Сделан вывод об ударном характере возбуждения газа в UGC10043
- Разработан метод изучения состояния диффузного ионизованного путём добавления к ВРТ-диаграммам параметра  $\sigma$
- Этот же метод диагностики реализован с помощью фотометрии с перестраиваемым фильтром, что может служить хорошей альтернативой классическим методам интегрально-полевой спектроскопии.



## Публикации

[1] **Oparin D.V.**, Moiseev A.V. «Galactic wind in NGC 4460: New observations» // *Astrophys. Bull.* — 2015.— Vol.70, N.4— P.392-399.

[2] Lopez-Coba C., Sanchez S.F., Moiseev A.V., **Oparin D.V.**, Bitsakis T., Cruz-Gonzalez I., Morisset C. et al. «Star Formation Driven Galactic Winds in UGC 10043» // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* — 2017. —Vol. 467, N. 4. — P. 4951-4964.

[3] **Д. Опарин**, А. Моисеев. «Поиск источников ионизации газа в галактиках: дополнение к классическим методам». // *Изв. Крымской Астрофиз. Обс.* — 2018. — Vol. 114, N.4, pp.186-191.

[4] **Oparin**, Moiseev, «Diagnostics of Ionized Gas in Galaxies with the “BPT–Radial Velocity Dispersion”» Relation, *Astrophysical Bulletin*, 73(3), 298-309.

[5] Keel, W. C.; Bennert, V. N.; Pancoast, A.; Harris, C. E.; Nierenberg, A.; Chojnowaki, S. D.; Moiseev, A. V.; **Oparin, D. V.**; Lintott, C. J.; Schawinski, K.; Mitchell, G.; Cornen, C. «AGN photoionization of gas in companion galaxies as a probe of AGN radiation in time and direction» 2019, *MNRAS*, 483, 4847

## Личный вклад автора

- В работе [1] — обработка и анализ всего массива наблюдательных данных.
- В работе [2] — обработка и анализ наблюдательных данных с ИФП, моделирование пространственной структуры ветровых истечений, оценка кинематических параметров ветра.
- В работах [3], [4] — обработка наблюдательных данных с ИФП, анализ всего массива наблюдательных данных.
- В работе [5] — получение наблюдательного материала.

# Апробация результатов

- «Наблюдательное изучение галактического ветра» - **Опарин Д.В.**, Моисеев А.В., НЕА-2015, Москва, ИКИ 21-24.12.2015 г. - стендовый
- «Галактический ветер в карликовых галактиках: кинематика ионизованного газа.» - **Опарин Д.В.**, Моисеев А.В., Актуальные проблемы внегалактической астрономии ПРАО 19-22.04.2016 - устный
- «Поиск источников ионизации газа в галактиках: дополнение к классическим методам» - **Опарин Д.В.**, Моисеев А.В., Актуальные проблемы внегалактической астрономии ПРАО 18-21.04.2017 - устный
- «Kinematics of ionized gas outflows caused by star formation» - **Опарин Д.В.**, Моисеев А.В., 11th Serbian Conference of Spectral Line Shapes in Astrophysics Сербия, Шабац 21-25.08.2017 г. - устный
- «Поиск источников ионизации газа в галактиках: дополнение к классическим методам» - **Опарин Д.В.**, Моисеев А.В., ВАК-2017, КрАО 18-22.09.2017 — устный
- «Kinematics and ionization properties of gas outflows in nearby galaxies viewed with Fabry-Perot interferometry» - **Опарин Д.В.**, Моисеев А.В., The role of feedback in galaxy formation: from small-scale winds to large-scale outflows, Потсдам, 02-07.09.2018 — стендовый
- «Diagnostics of ionized gas in galaxies with the «BPT- $\sigma$ » relation - Моисеев А.В., Перепелицын А.Е., **Опарин Д.В.**, Keel W.C. The role of feedback in galaxy formation: from small-scale winds to large-scale outflows, Потсдам, 02-07.09.2018 — стендовый

*Спасибо за внимание!*