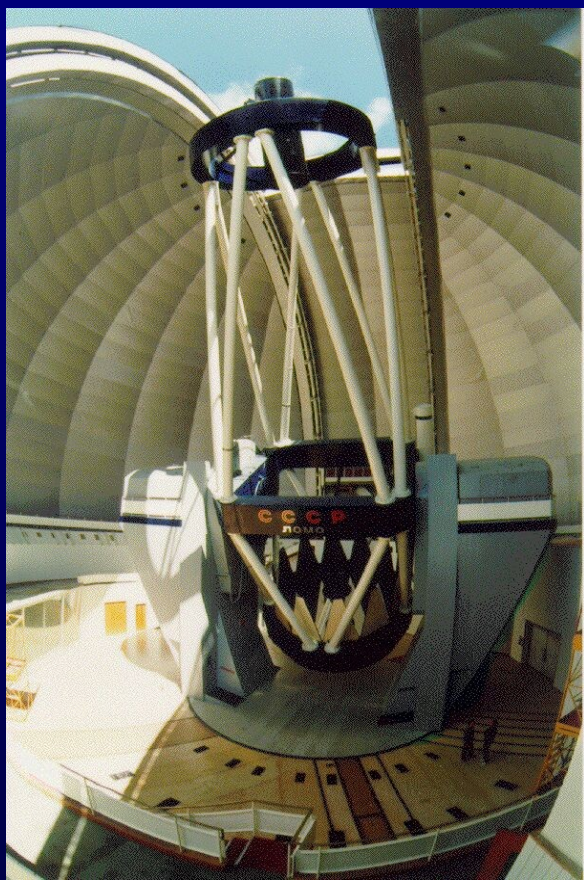


# Панорамная спектроскопия конусов ионизации в Сейфертовских галактиках: проблемы и результаты.



*Алексей Моисеев*

*Специальная астрофизическая*

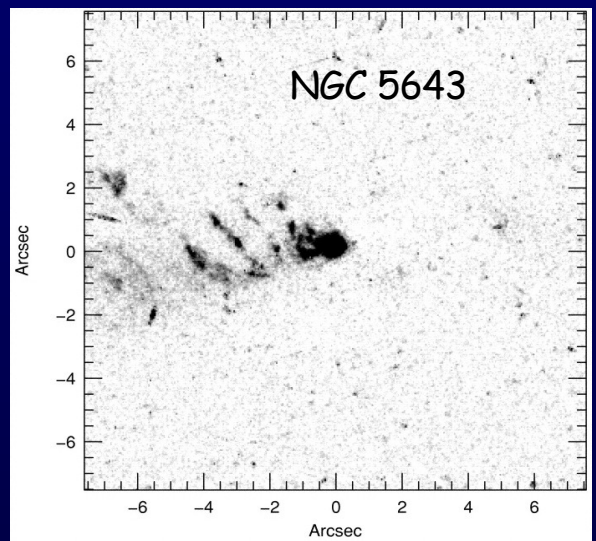
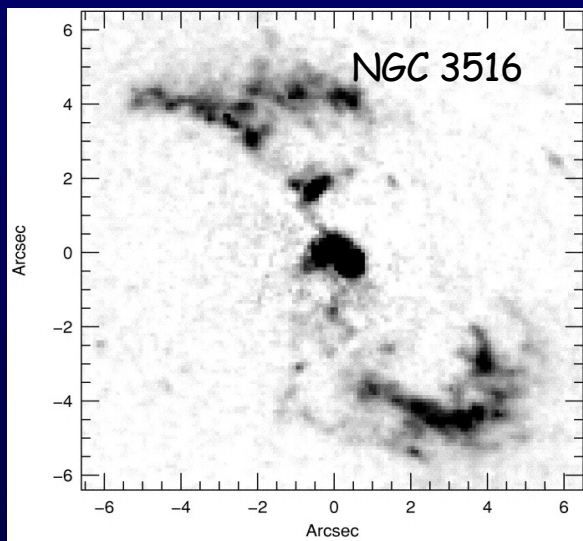
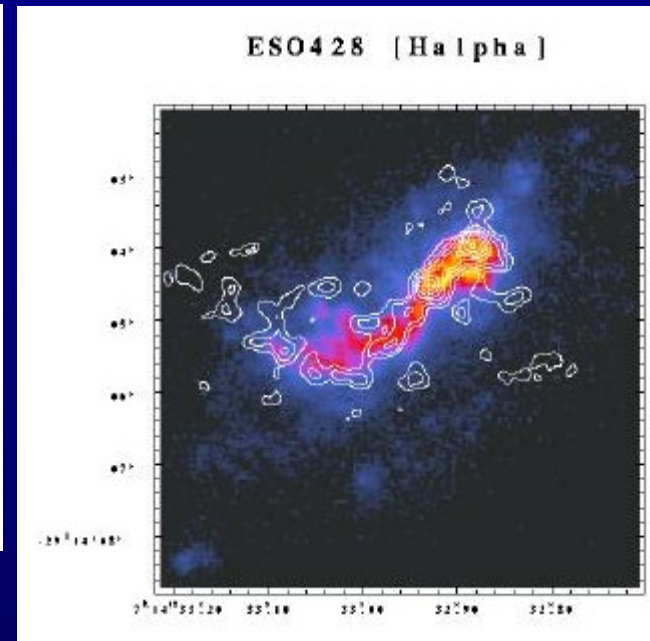
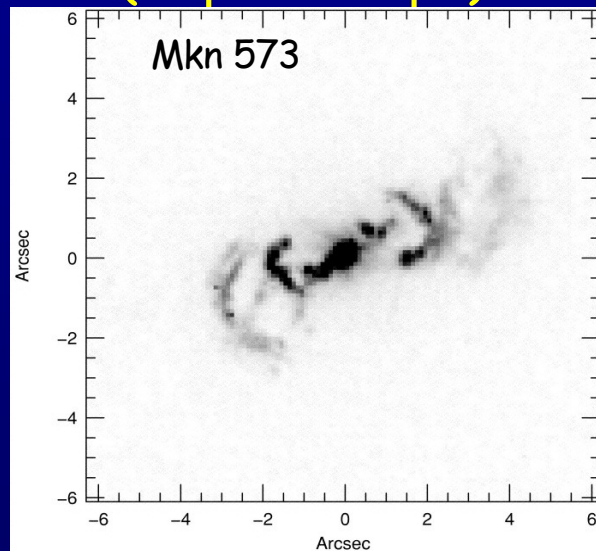
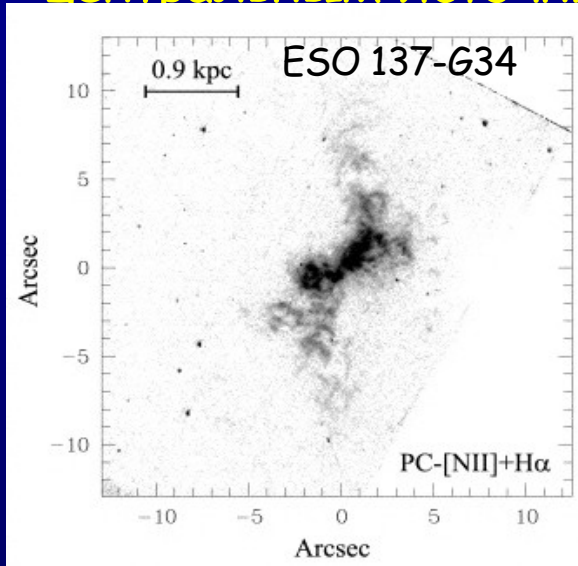
*обсерватория РАН*

*(Россия, Карачаево-Черкесская республика,*

*п. Нижний Архыз)*

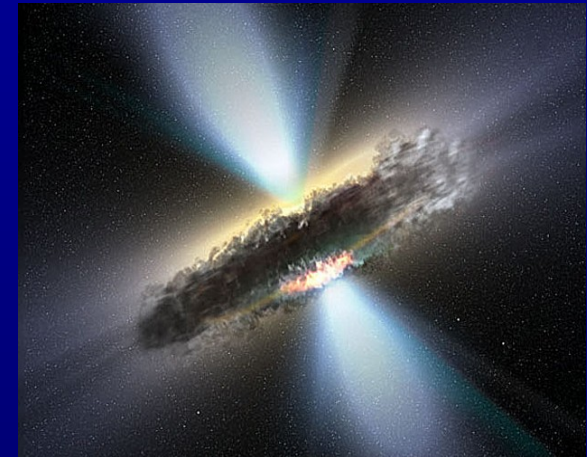
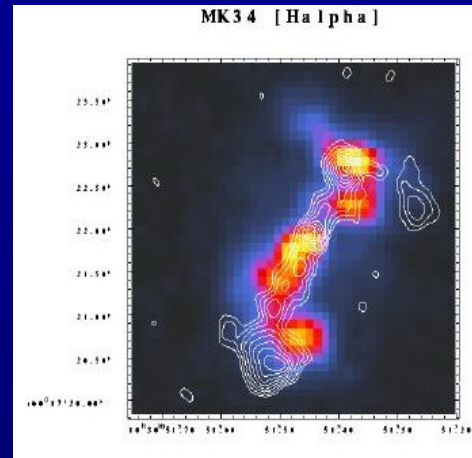
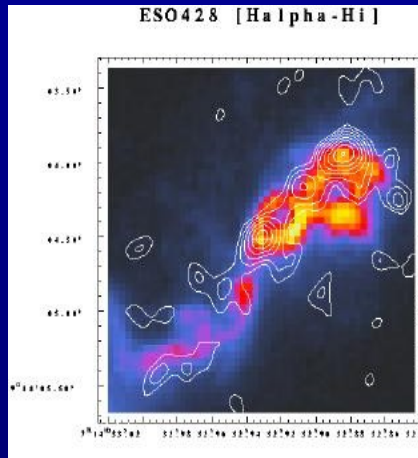
# Ионизационные конуса в SyG: что это?

Коллимированные истечения или только ионизация центральным источником («прожектор»)?



*HST emission-line images  
(Ferruit et al., 2000;  
Falcke et al., 1998;  
Quillen et al., 1999)*

# Как возникают наблюдаемые структуры?



- Только анизотропия излучения от активного ядра
- Прецессия радиоджета (NGC3516, Veilleux et al., 1993)
- Вторжение джета в дифференциально вращающуюся среду (Lim & Steffen, 2001)
- Отклонение выброшенного газа к картинной плоскости (Mulchey et al., 1992)
- Развитие сдвиговой неустойчивости в слое между джетом и межзвездной средой (Falcke et al., 1996; Lobanov et al., 2006)
- Системы наклонных прецессирующих газовых дисков, остаток от поглощения спутников (Morse et al., 1998)
- что-нибудь еще?

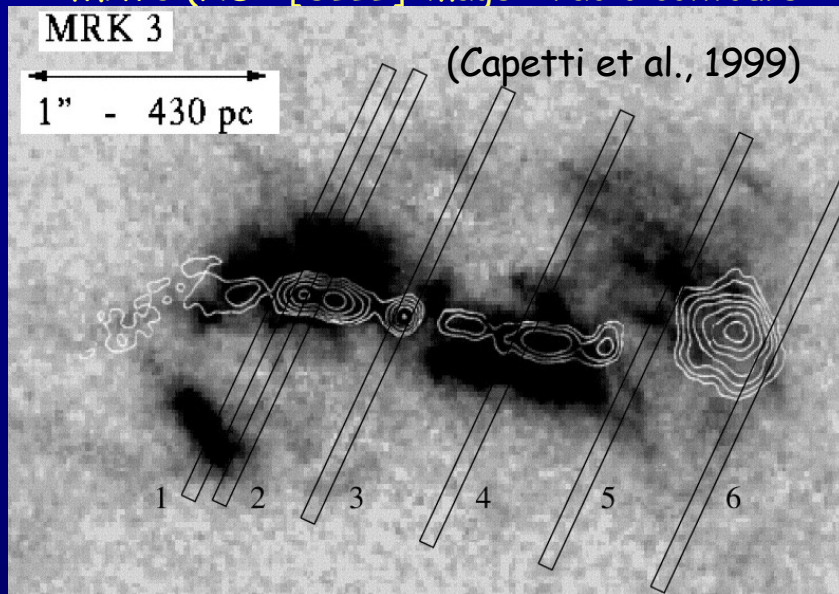


## Основные характеристики эмиссионных конусов:

- Характерный линейный размер: 100-1000 пк (до 20 кпк)
- Возмущенные скорости: 50-500 км/с,  
многокомпонентный профиль эмиссионных линий
- Угол раствора конуса: 30-120°
- Ориентация радиоджета – как правило, близко к оси конуса (Wilson & Tsevetanov, 1994; Nagar et al., 1999)

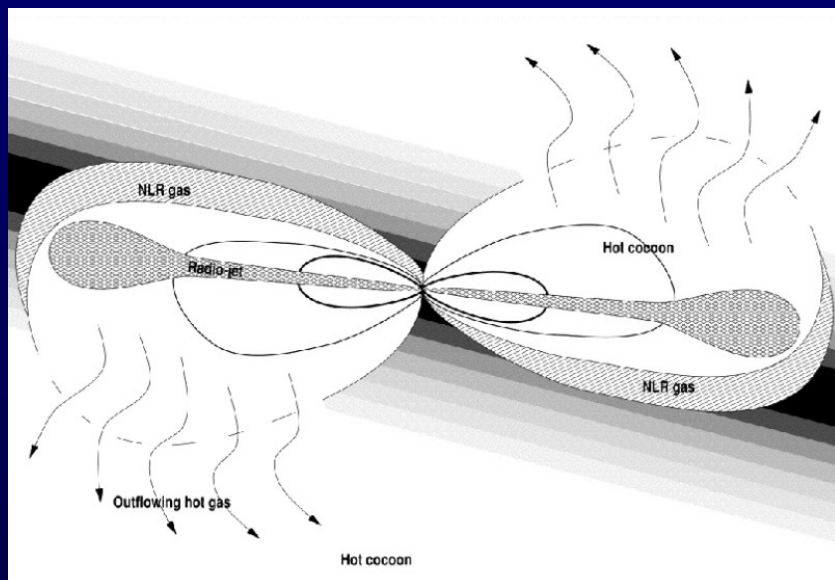
# Взаимодействие джета с окружающим газом

Mrk 3 (HST [OIII] image + radio contours



Вещество джетов в SyG экстремально горячо и разряжено, поэтому их излучение доминирует в радиодиапазоне, а джет как таковой в оптике не излучает

Однако во многих галактиках Сейферта области образования узких линий (NLR) оказываются связанны с джетами как морфологически, так и кинематически.

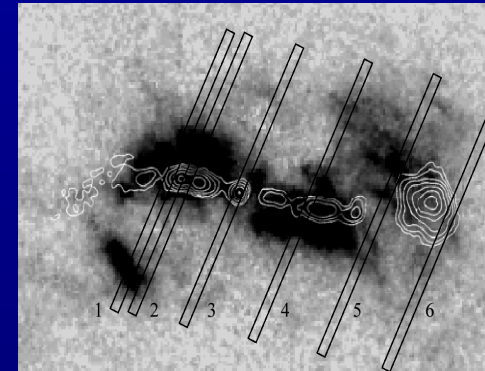


Прямое воздействие радиоджетов на межзвездную среду галактик?

Аналогия с радиогалактиками?

# Взаимодействие джета с окружающим газом:

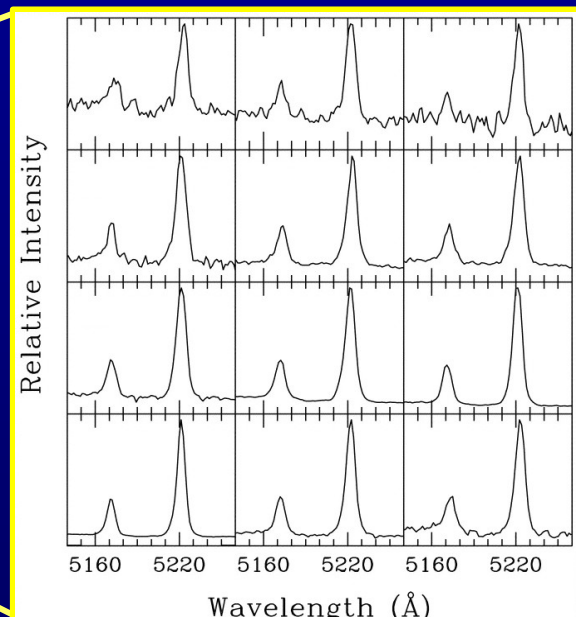
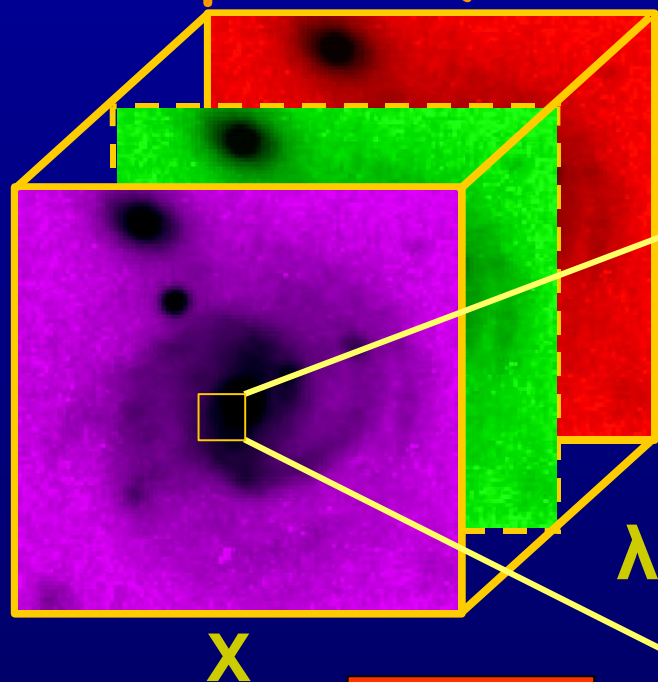
## Проблемы и вопросы (Ferruit, 1999; Whittle & Wilson, 2004):



- Механизм ускорения ионизованного газа?
- Природа регулярных структур в NLR?
- Вид распределения скоростей в результате вторжения джета в окружающую среду?
- Тип ионизации газа:
  - ударные волны?
  - центральный источник?
  - комбинация обоих факторов?

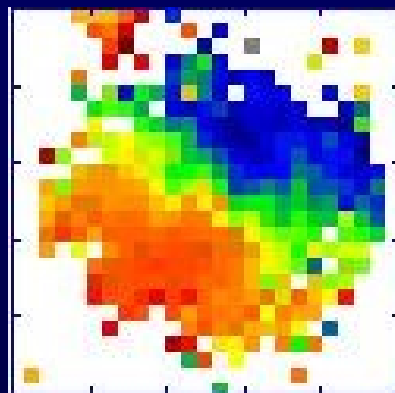
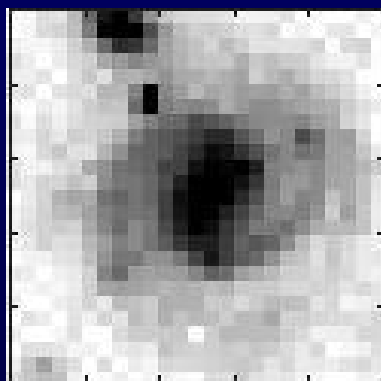
Спектральные наблюдения

# Панорамная (2D, 3D) спектроскопия



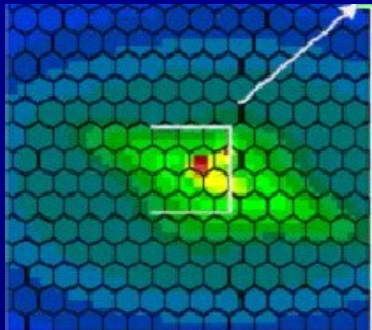
*Изображение  
в линиях*

*Поле скоростей*

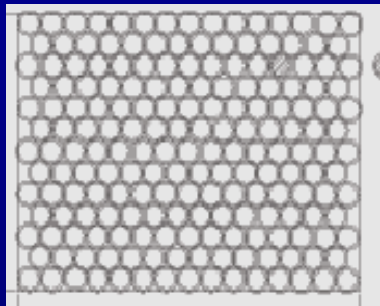


# Панорамная спектроскопия конусов ионизации.

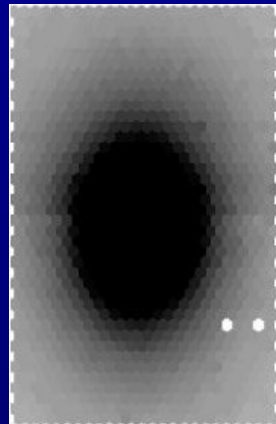
OASIS (3.6m)



INTEGRAL (4.2m)



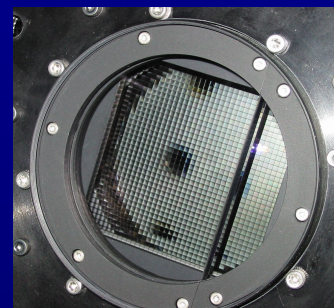
GMOS (8.1m)



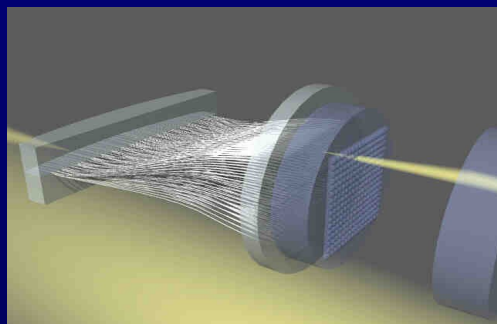
SINOFONI (8.2m)



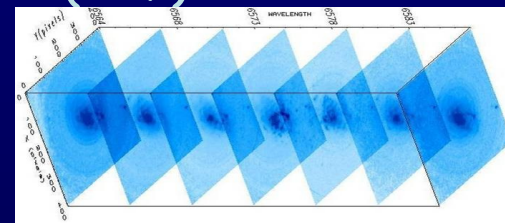
Kyoto 3D (8.3m)



MPFS (6 m)



Сканирующий интерферометр  
Фабри-Перо (6 m)

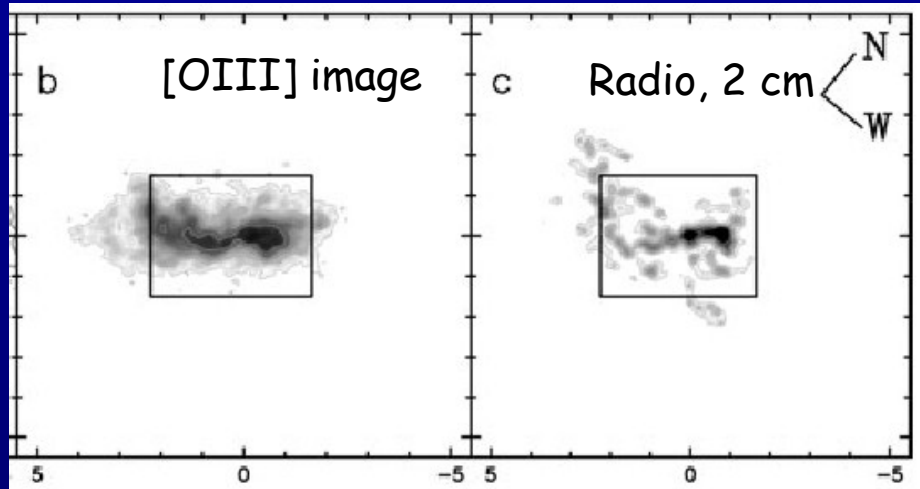


- **Поля скоростей** в различных линиях ионизованного газа
- **Поля скоростей звезд**
- Спектрофотометрия в эмиссионных линиях (H $\alpha$ , H $\beta$ , [OIII], [SII], [NII]):

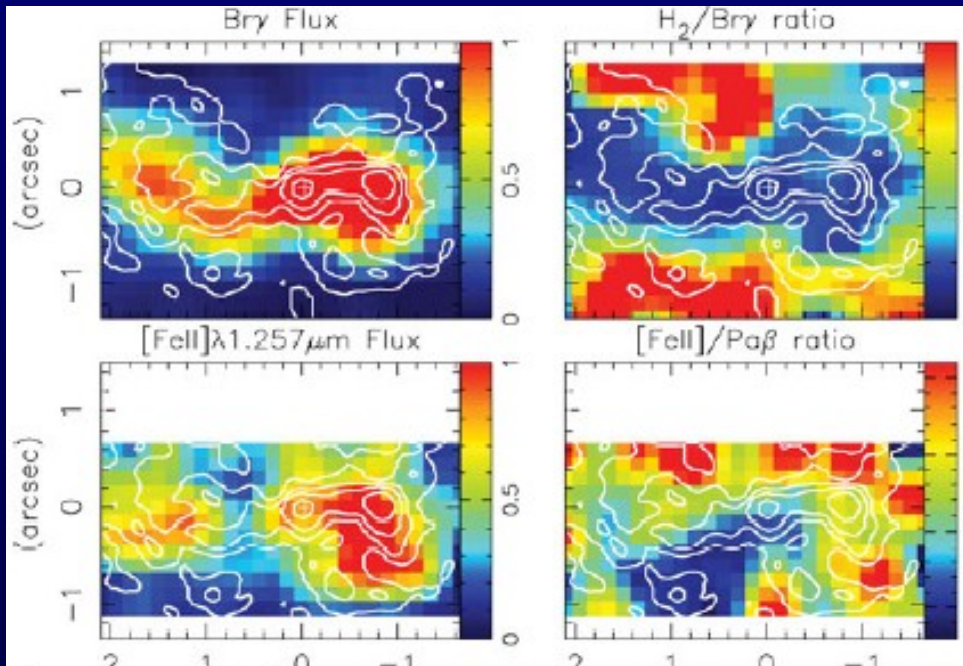
**Кинематика ионизованного газа**  
(поля скоростей и дисперсии скоростей, форма профиля) в отдельных линиях (H $\alpha$ , [OIII])



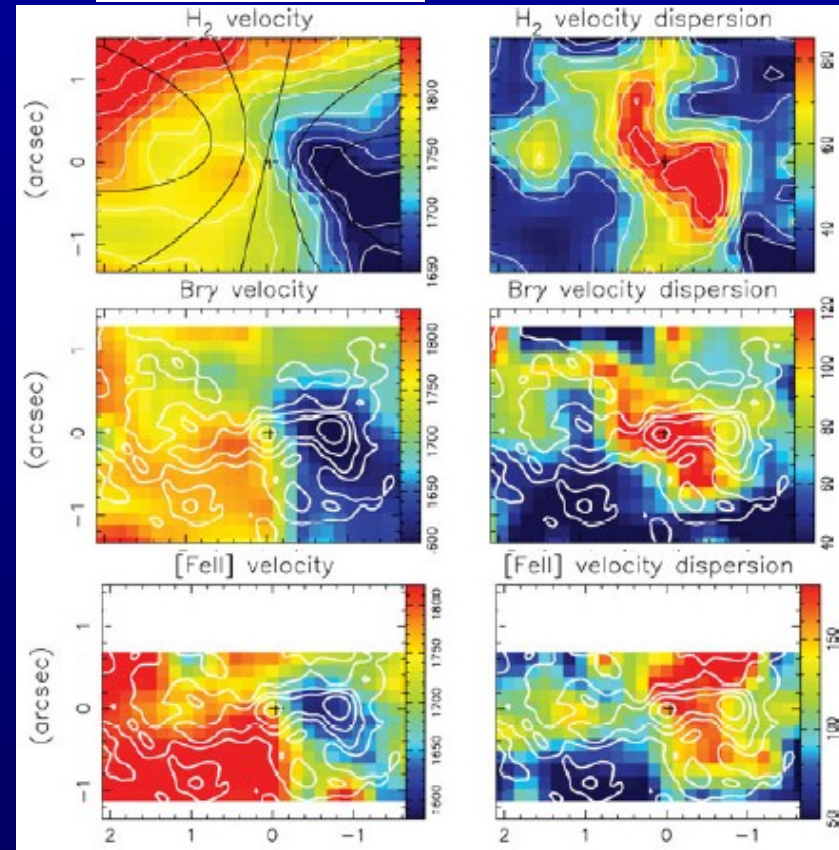
# GMOS: ESO 428-G14



## Карты в эмиссионных линиях:



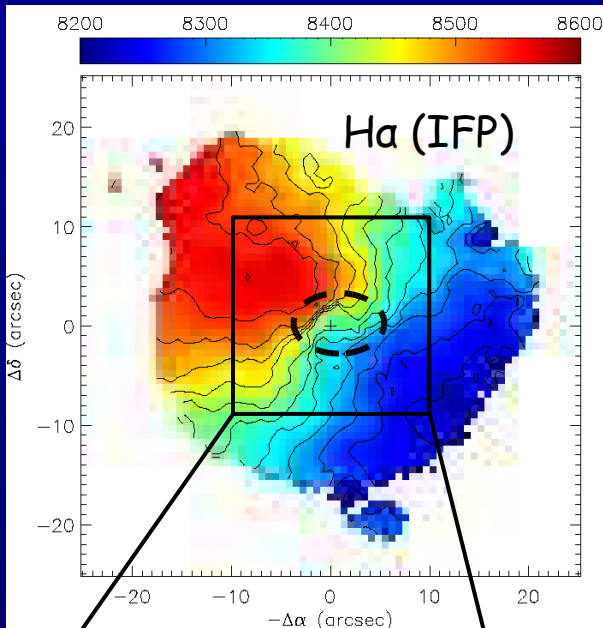
## Кинематика:



Связь радиоструктуры с распределением яркости в линиях и значительными пекулярными скоростями до 400 км/с

Riffel et al. (2007)

# NGC 6104: кинематические проявления джета?

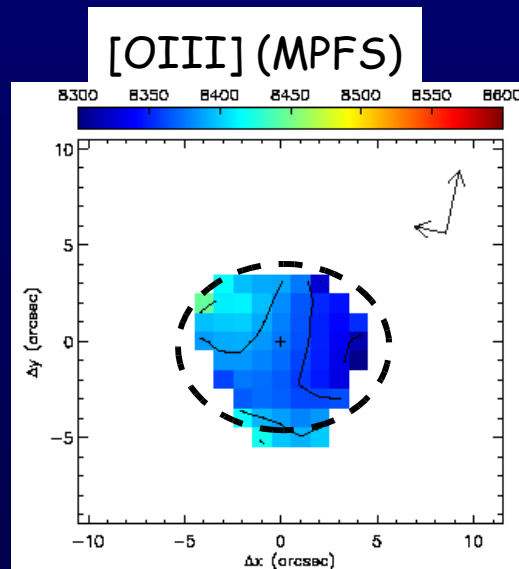
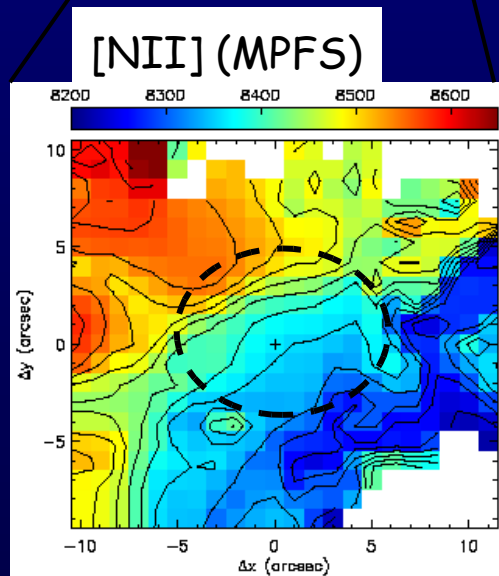
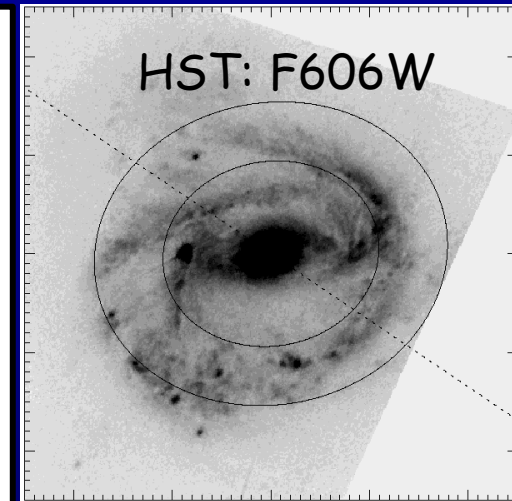


Избыток "синих" лучевых скоростей ионизованного газа в ядре:

$$V_{\text{outflow}} = 30-40 \text{ km/s}$$

$$R_{\text{outflow}} < 1.5 \text{ крс}$$

Большинство излучения в [OIII] связано с истечением из ядра.



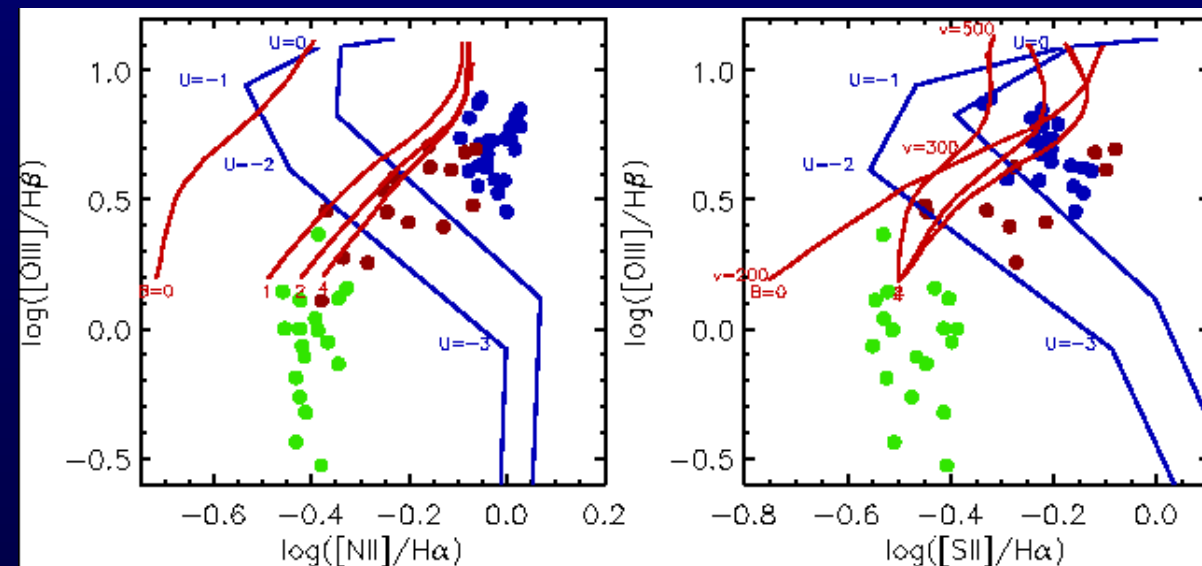
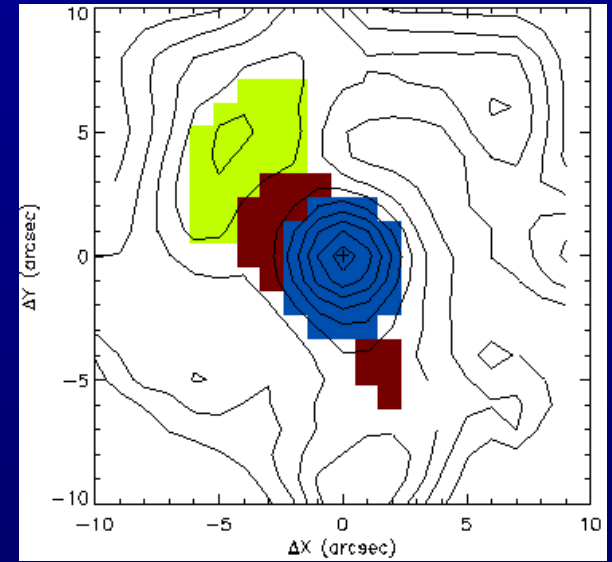
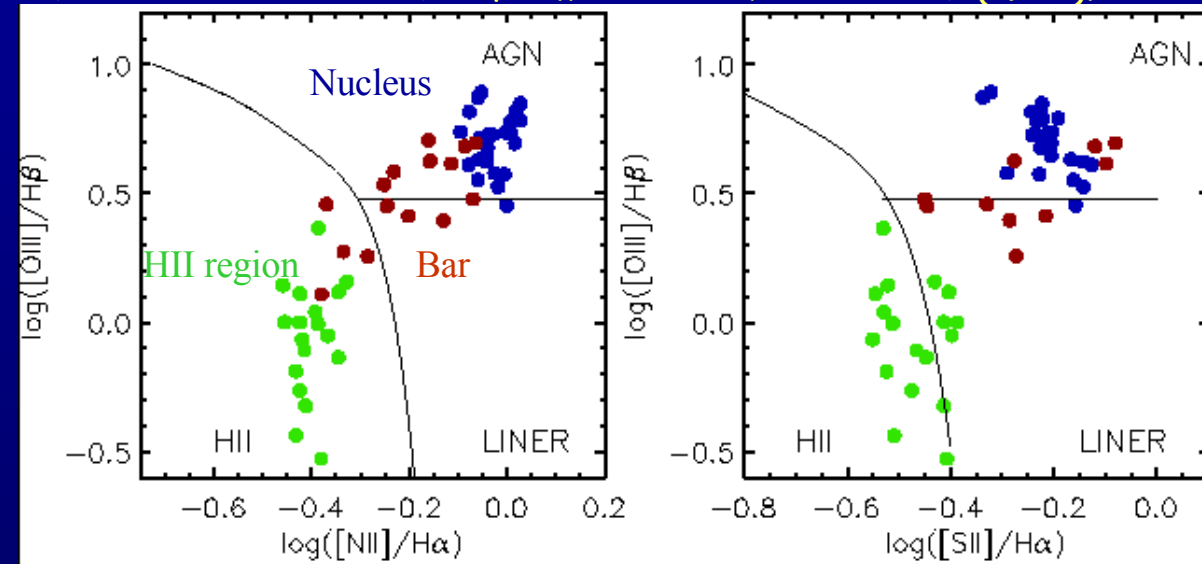
Наблюдаем не сам джет, а результат его воздействия на межзвездную среду

(Смирнова, Моисеев, Афанасьев, 2006, ПЖ, 32, 577)

# NGC 6104: диагностические диаграммы (MPFS)

The mask + H $\alpha$  isophotes

The boundaries were taken from Veilleux & Osterbrock (1987).



BLUE - AGN optically thick photoionization sequences + realistic dust content

RED - Shock+precursor models (Dopita & Sutherland, 1995)

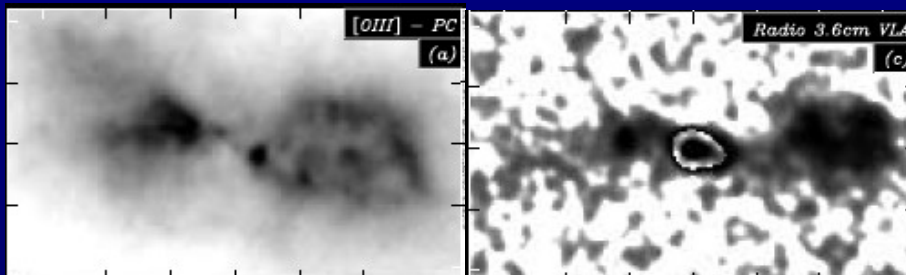
Shock+AGN ionization in the nucleus

# Так какой же механизм ионизации?

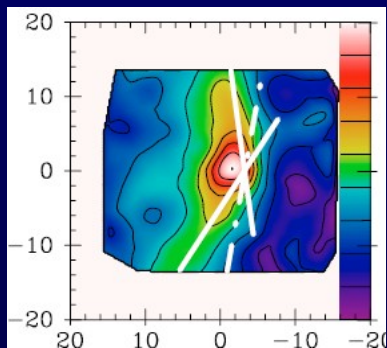
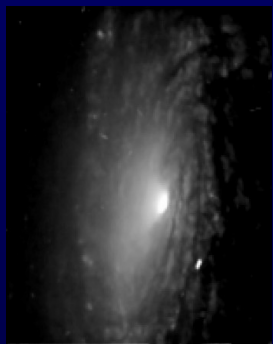
Излучение активного ядра

Mrk 78:

несмотря на коллимированный радиоджет, все ионизация - от ядра (Whittle et al., 2005)

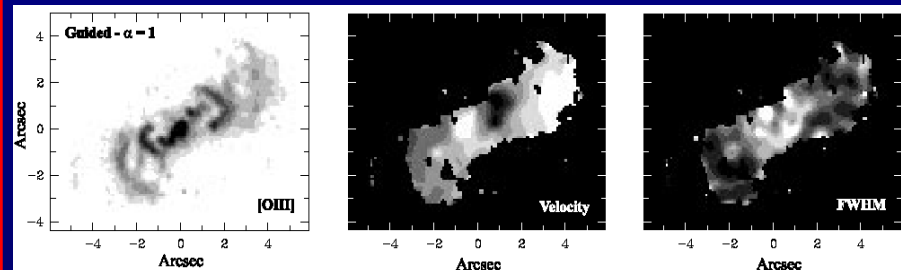


NGC 5033: только излучение в конусе, без заметного влияния радиоджета (Mediavilla et al., 2005)



Ударные волны (джет)

Mrk 573: требуется дополнительный источник ионизации арок (Ferruit et al., 1999)



Явные свидетельства влияния радиоджетов на ионизацию и кинематику в NLR:

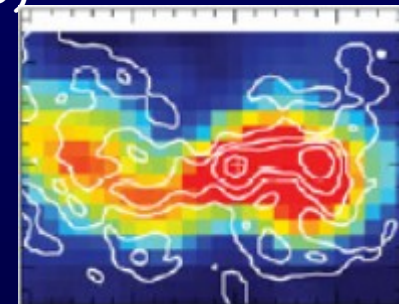
NGC 1068: (Pecontal et al., 1997; Emsellem et al., 2006)

NGC 1052

(Sugai et al., 2005)

ESO 428-G14

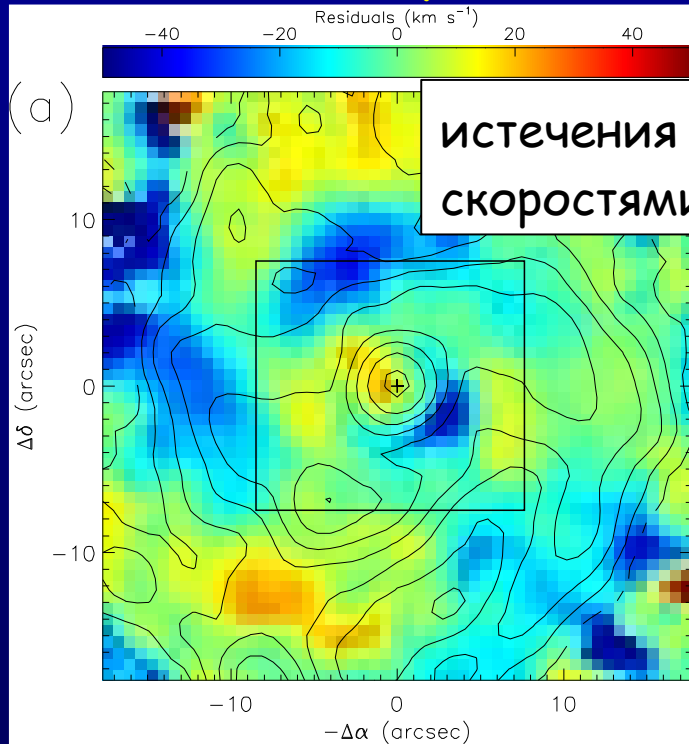
(Riffel et al., 2007)



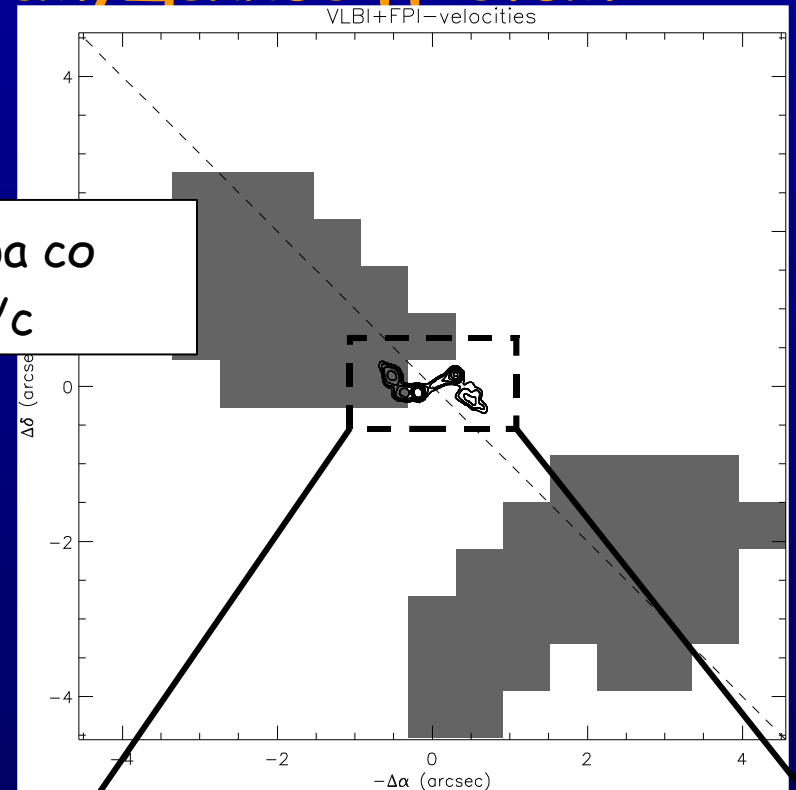


# Mrk 533: поле скоростей возмущенное джетом

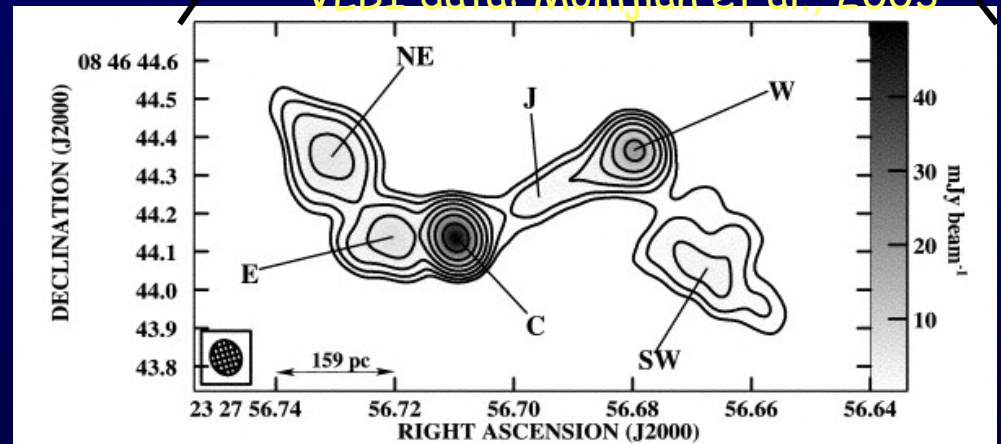
## Наблюдения минус модель



истечения газа из ядра со скоростями до 90 км/с

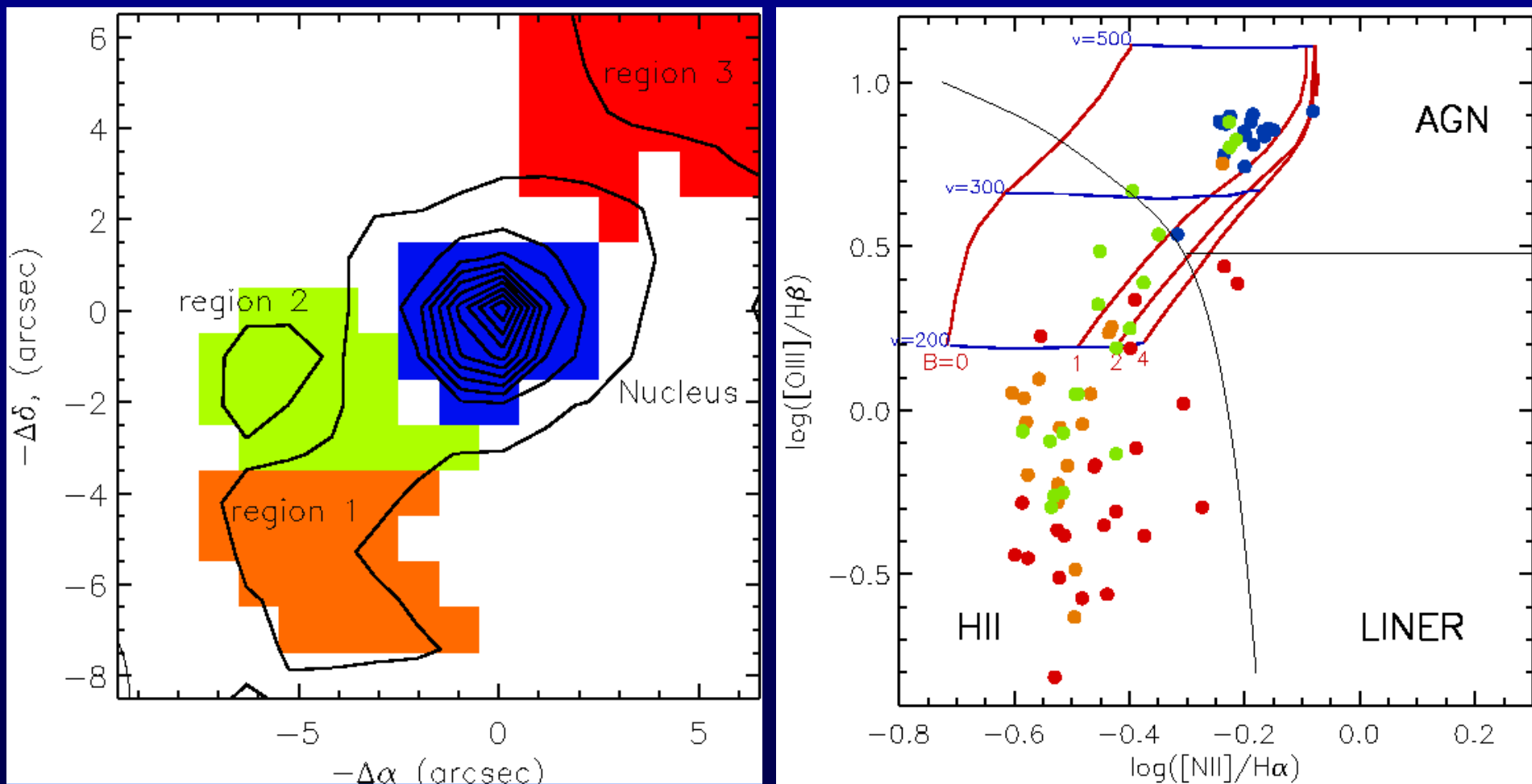


VLBT data: Momjian et al., 2003

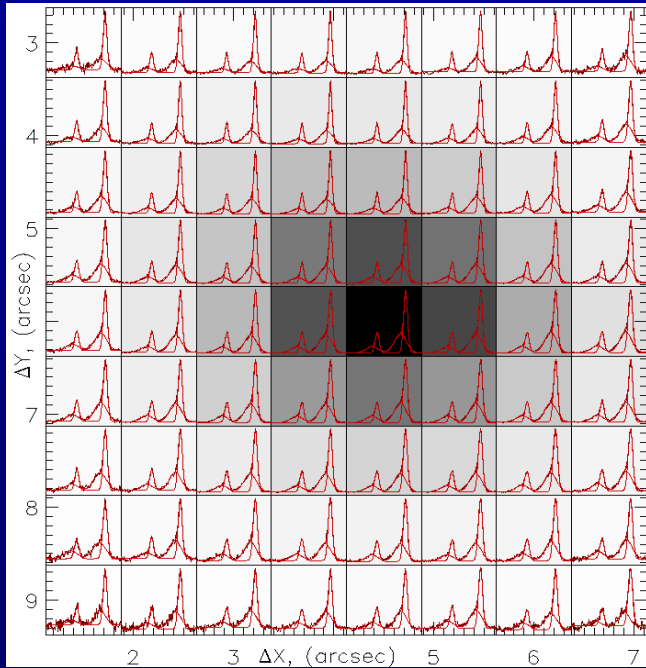


# Mrk 533: Состояние ионизации газа

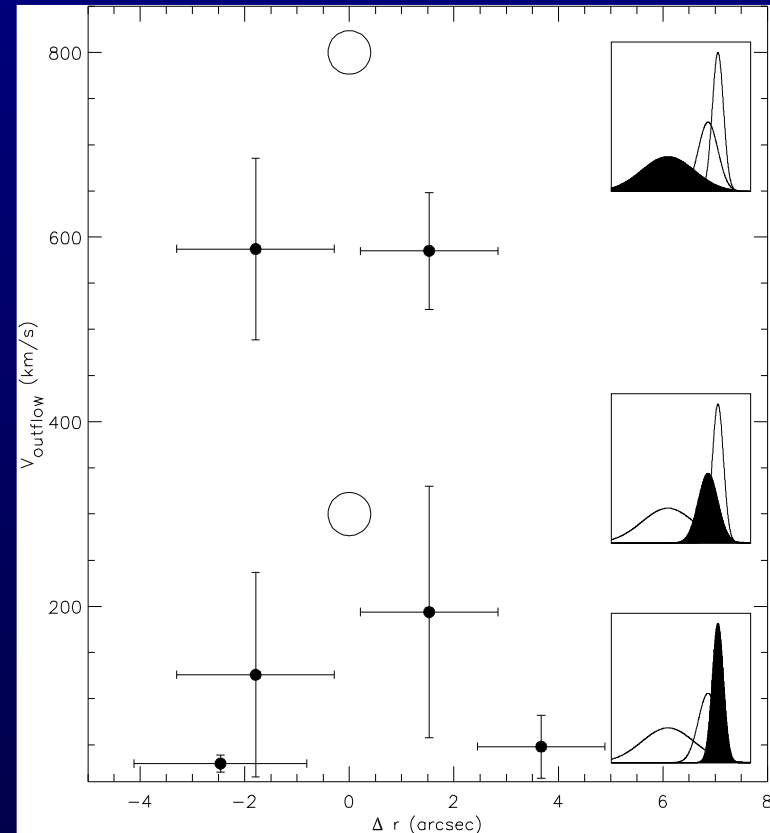
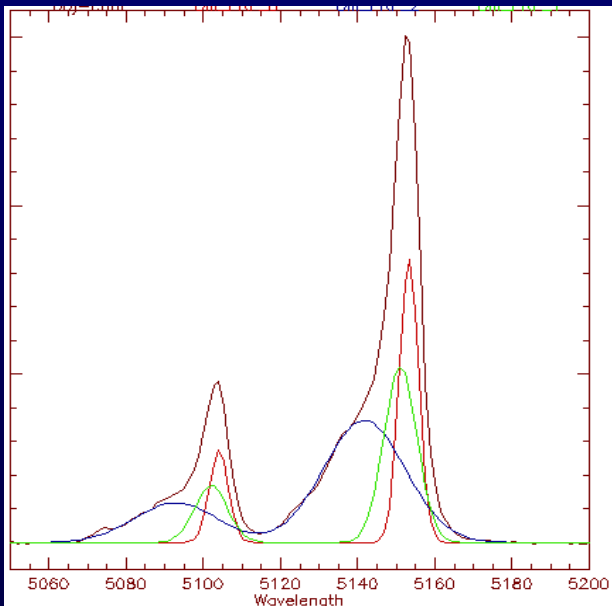
Сетка моделей ударной ионизации ("shock+precursor", Dopita & Sutherland, 1995)



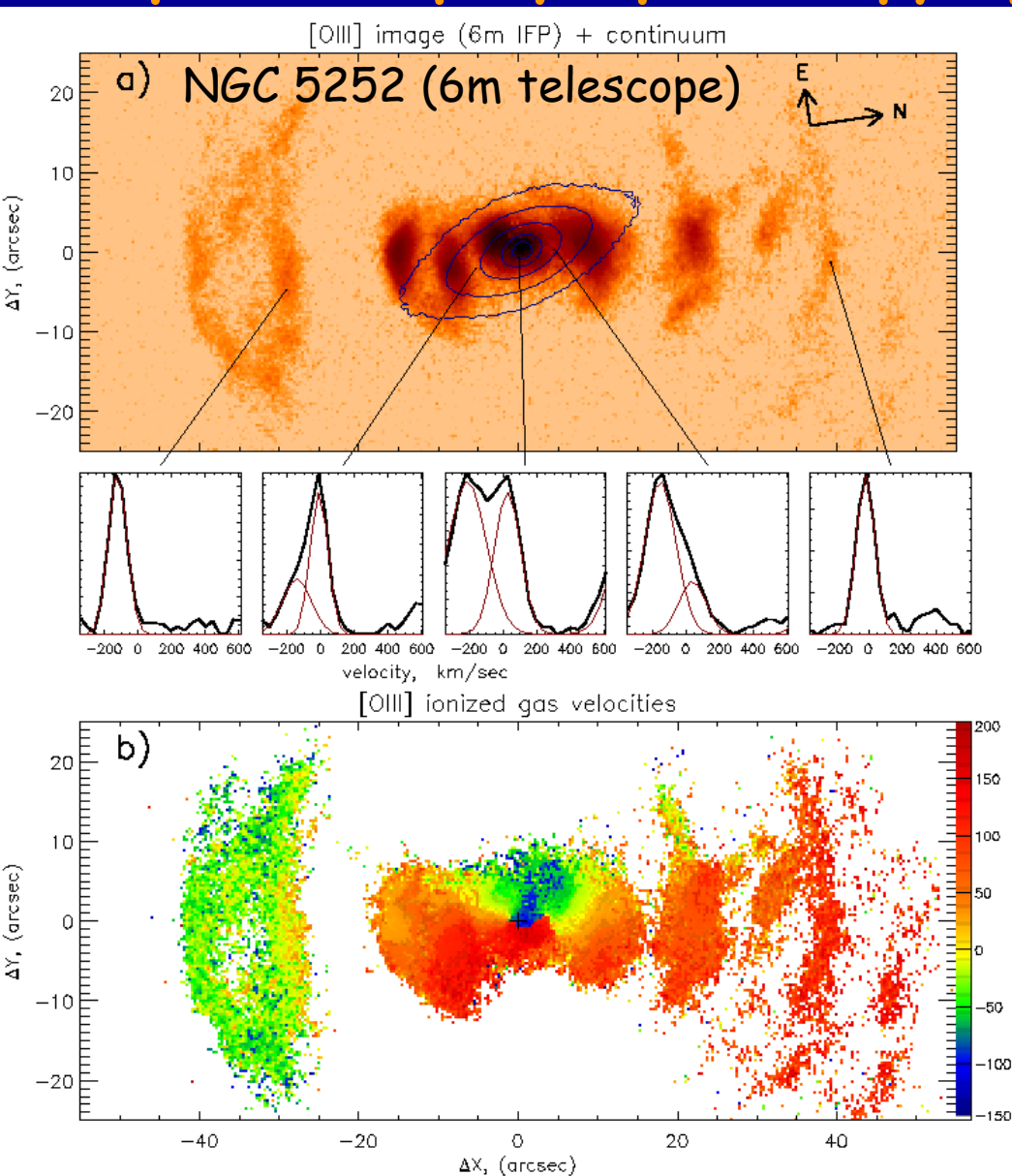
# Mrk 533: истечение из ядра (MPFS)



- “Синяя” асимметрия профилей линий
- 2- или 3- компонентный профиль [OIII]
- Пространственно разрешимая область истечение ( $r=0.8-1$  кpc)
- Стратификация компонент по расстоянию от ядра



# Проблема регулярных структур в конусах



Z(S)-образный эмиссионный узор достаточно часто наблюдается внутри конусов ионизации.

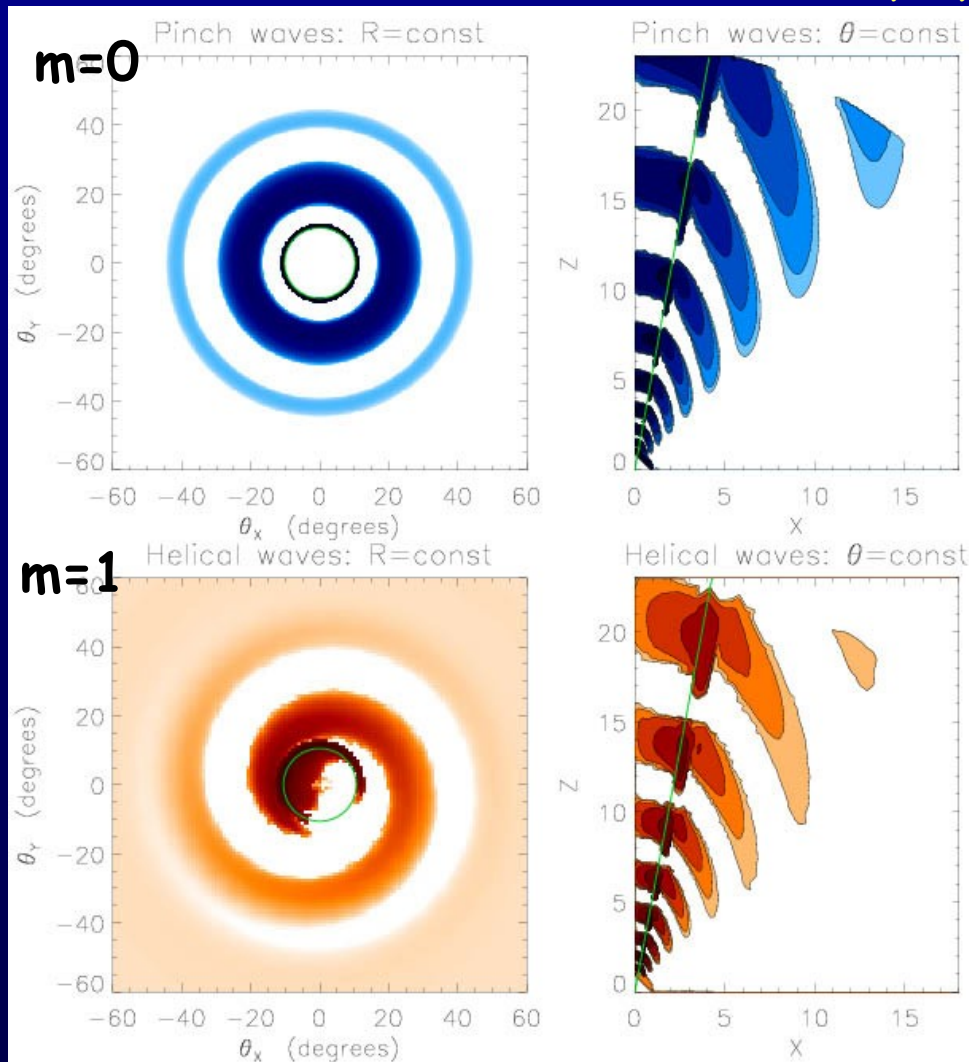
Возможный гидродинамический механизм генерации узора (Falcke et al., 1996; Lobanov et al., 2006) на сдвиге скоростей между ускоренным газом вокруг джета и «покоящейся» межзвездной средой

NGC 5252 - эмиссионные арки тянутся до 18-20 кпк от центра!



# 2D/3D нелинейное моделирование

*Афанасьев, Додонов, Храпов, Мусцевой, Моисеев  
(2007, *Астрофизический Бюллетень*, 62, 20)*



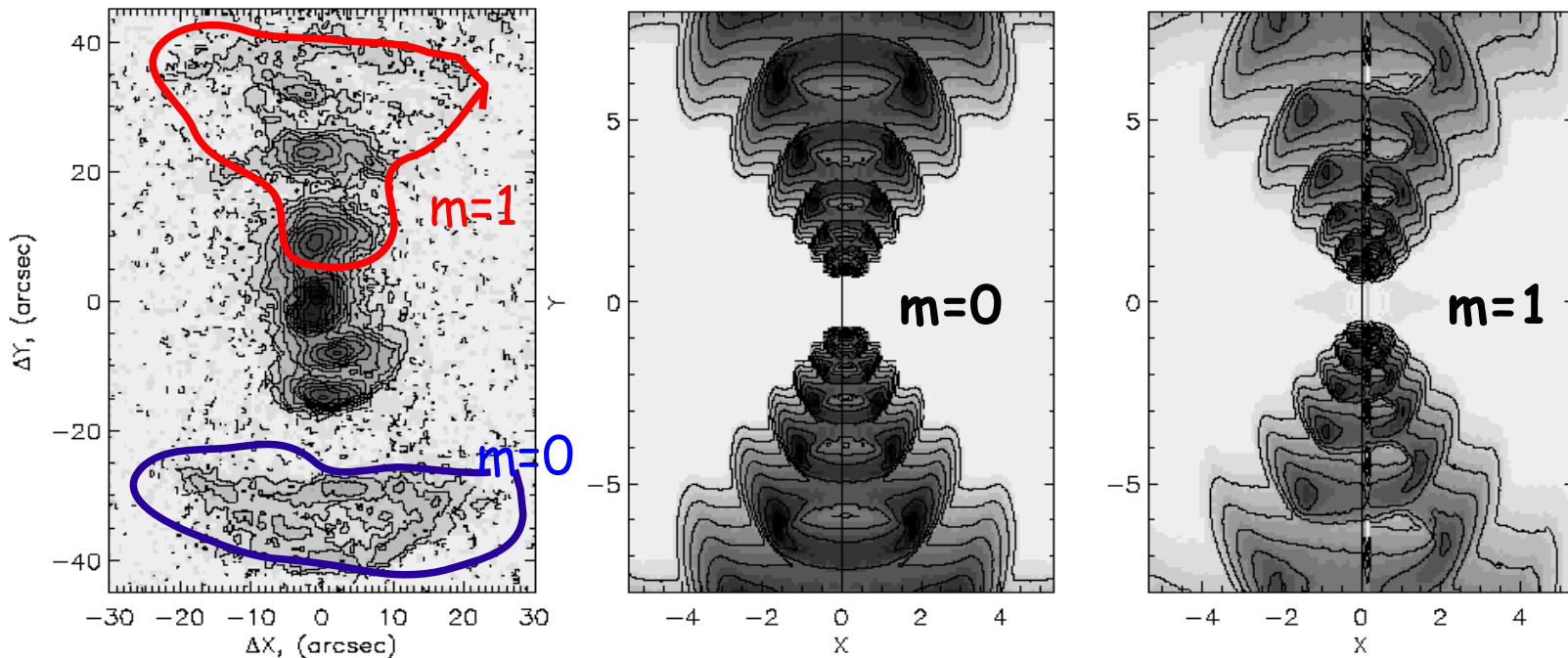
Волноводно-резонансная неустойчивость внутренних гравитационных волн на границе коллимированного истечения приводит к формированию периодической системы ударных волн.

Ударно-волновая структура охватывает широкий конус с углом раствора  $30-80^\circ$

# NGC 5252: суперпозиция пинчевой и винтовой мод?

10

Afanasiev et al.: Formation of Ionization-Cone Structures.. II.



**Fig. 13.** Left-hand panel: an [OIII]-line contour image of the NGC 5252 galaxy. Central panel: simulated velocity map for the pinch mode ( $m = 0$ )  $i = 60^\circ$ . Right-hand panel: simulated luminosity map for the helical mode ( $m = 1$ )  $i = 60^\circ$ .

Универсальный механизм формирования регулярных структур в конусах?

НО:

- проблема моделирования реальных галактик,
- модель пока работает только в квадратичном потенциале,
- не воспроизводится кинематика

Джеты играют важную роль в формировании конусов ионизации, но детали этого процесса требуют уточнения, как в наблюдениях, так и в моделировании.

Основная проблема в панорамной спектроскопии - не наблюдения и обработка, а интерпретация получаемого разнообразного материала.

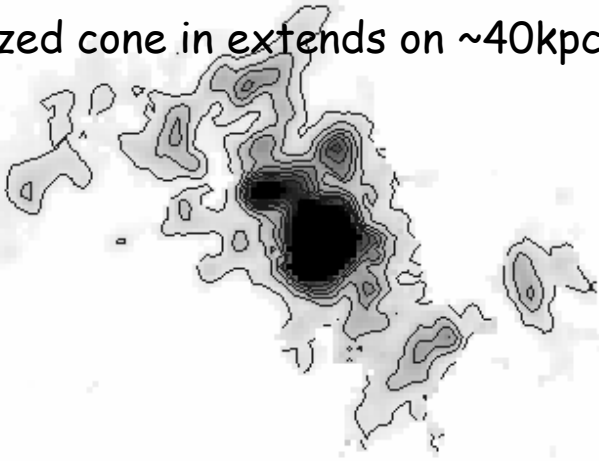




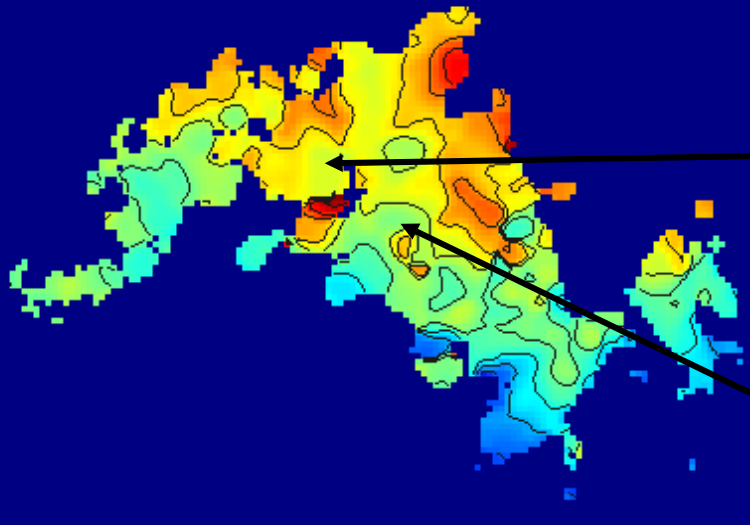
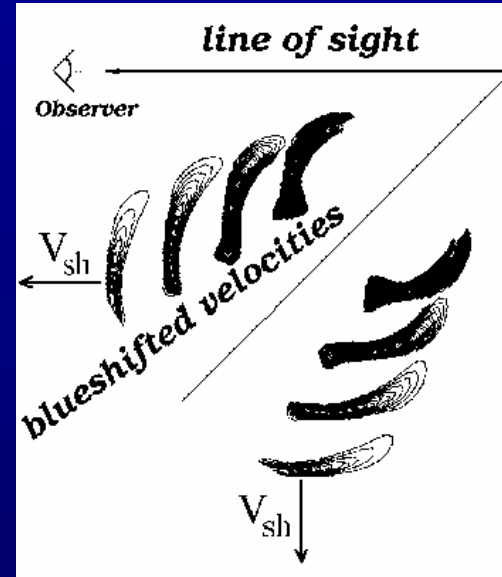


# Emission filaments in 3C 120: the work in a progress

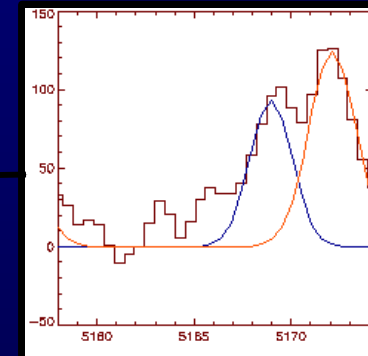
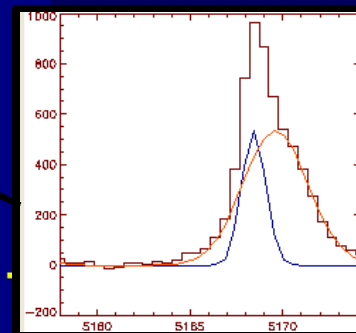
The ionized cone extends on  $\sim 40$  kpc.



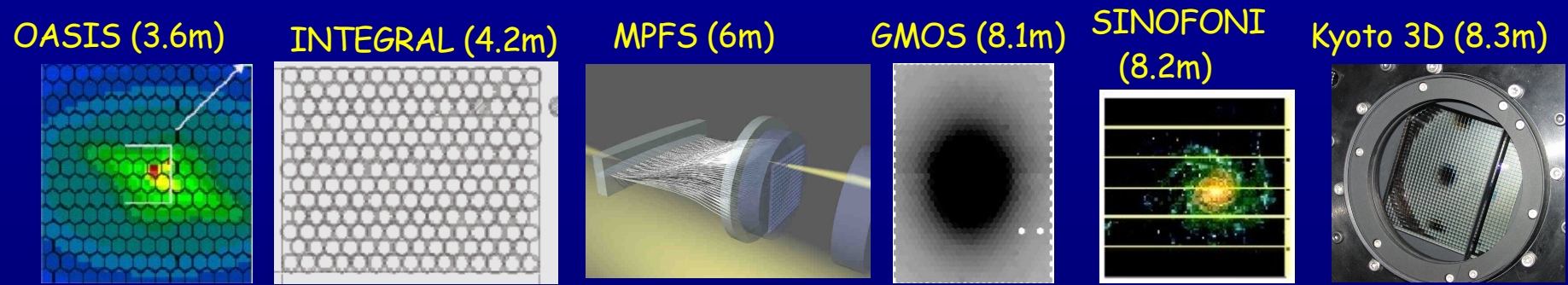
3C120: [OIII] emission line image



The ionized gas velocity field



# 3D spectroscopy of the jets contribution to NLR.



- Kinematically decoupled systems on  $r < 400$  pc in NGC 5728 (Schommer et al., 1988; Pecontal et al., 1990)
- TIGER: two-component emission lines profiles associated with two radio lobes in NGC 5929 (Ferruit et al., 1997)
- Kinematics of the ionization cones in NGC 3516 (Veilleux et al., 1993), NGC 4258 (Cecil et al., 1992), NGC 5252 (Morse et al., 1998)
- Numerous work about gas stellar/kinematics in SyG and ULIRG (Arribas et al.)
- Bow shocks in NLR of NGC 1068 (Pecontal et al., 1997; Emsellem et al., 2006)
- Bipolar outflow in NGC 1052 (Sugai et al., 2005)