

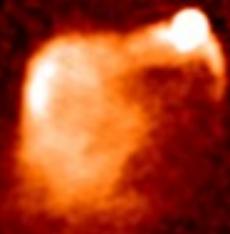
Возможная природа гигантских радиогалактик

Комберг Б.В.
Пащенко И.Н.

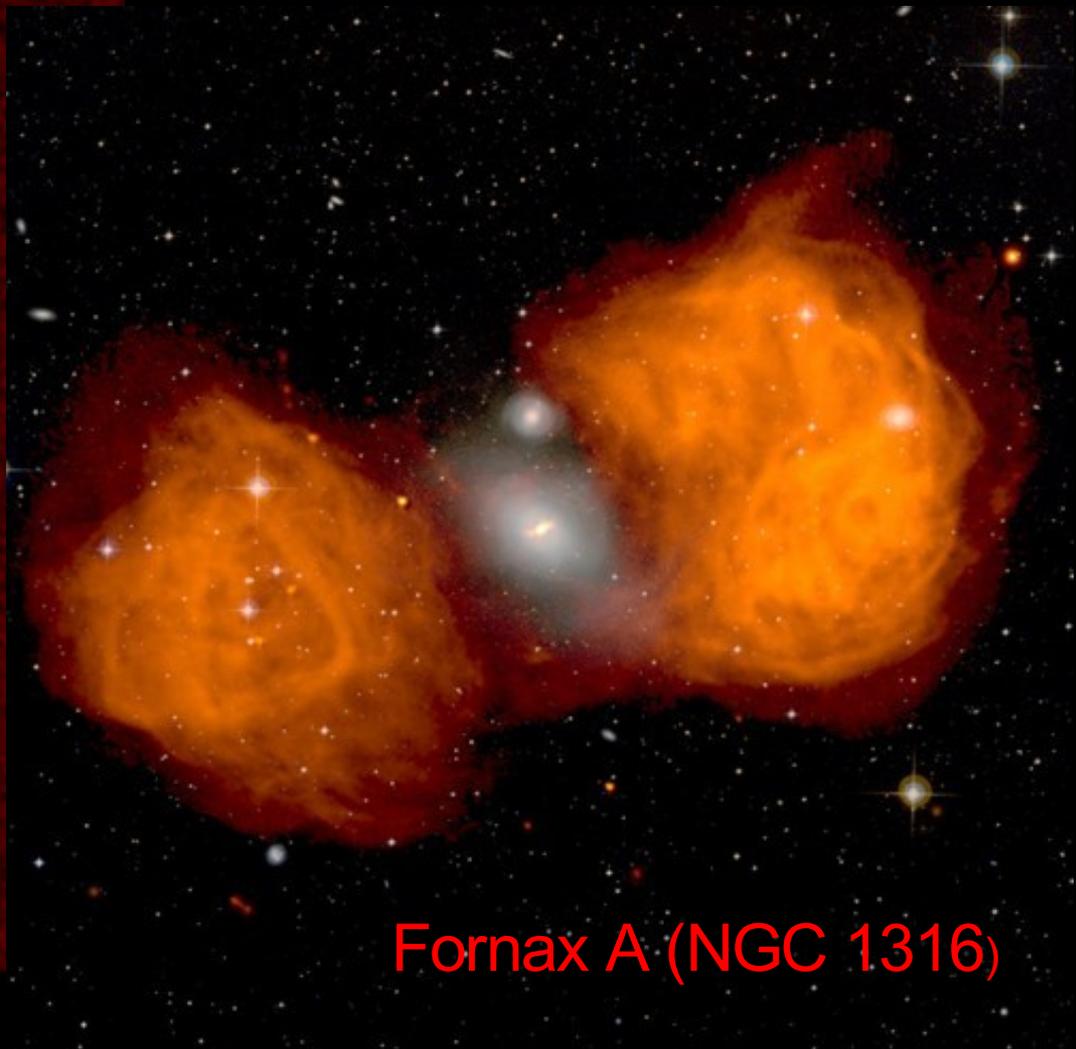
- Со времени обнаружения первых RG (начало 50-х) прошло около 60 лет, однако остается неясным целый ряд вопросов, относящихся к их свойствам:
- 2) Причины появления мощного радио выброса в ядрах некоторых массивных галактик (Radio Loud/Quiet): вращение ЧД, структура магнитных полей, темп аккреции...
- 3) Причины разных свойств RG типа FRI/FRII (*Fanaroff-Riley, MNRAS, 167, 31, 1974*): темп аккреции, состав выброса...
- 4) Насколько верна УС (FRII-QSS, FRI-BL Lac)? Какова роль эволюции светимости, размеров, масс ЧД, темпа аккреции...? RG – старые RL QSS?
- 5) Какова природа наблюдаемой асимметрии протяженных радиоструктур (геометрия, внешняя среда, неодновременность выбросов – flip-flop, разные скорости выбросов)?
- 6) Компактные RG (GPS, CSS, CSO) – молодые FRII RG?
- 7) Распространяется ли аналогия с микроQSS на AGN (RL/RQ – LowHard/HighSoft и связано с разным темпом аккреции)?
- 8) Рекуррентная активность/flip-flop – причина наблюдаемых односторонних VLA-выбросов? Дадут ли на это ответ их наблюдения на длинных волнах?

OSS 3C 175

Quasar 3C175
VLA 6cm image (c) NRAO 1996



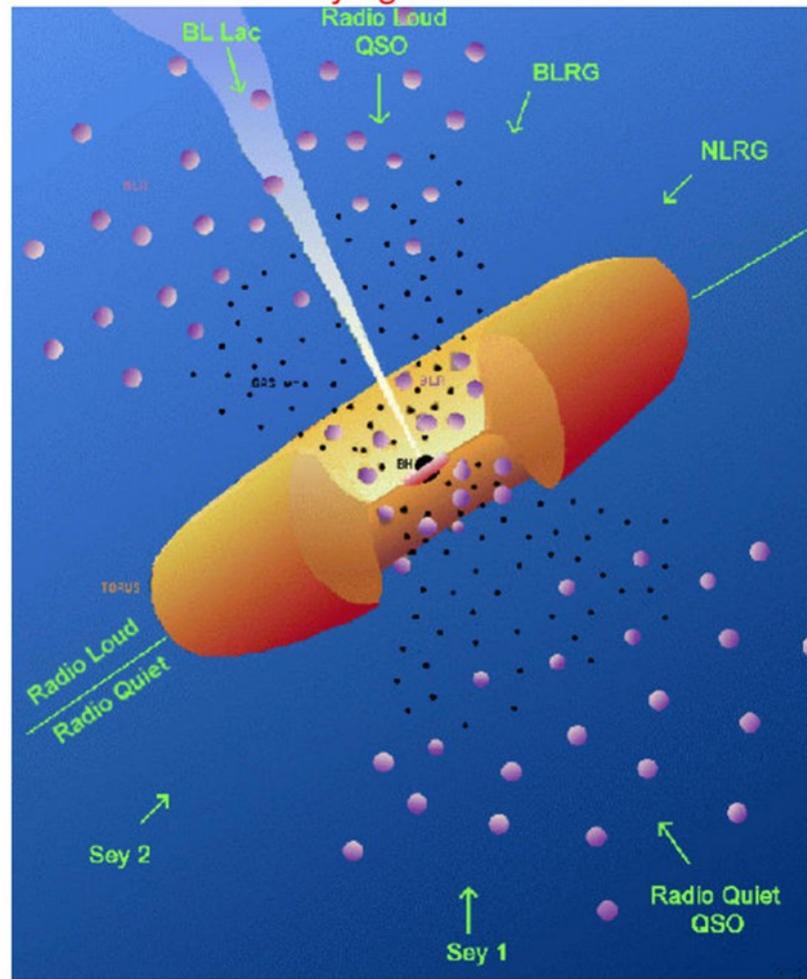
FRI/II



Fornax A (NGC 1316)

Unified Model

The Unifying Model of AGN



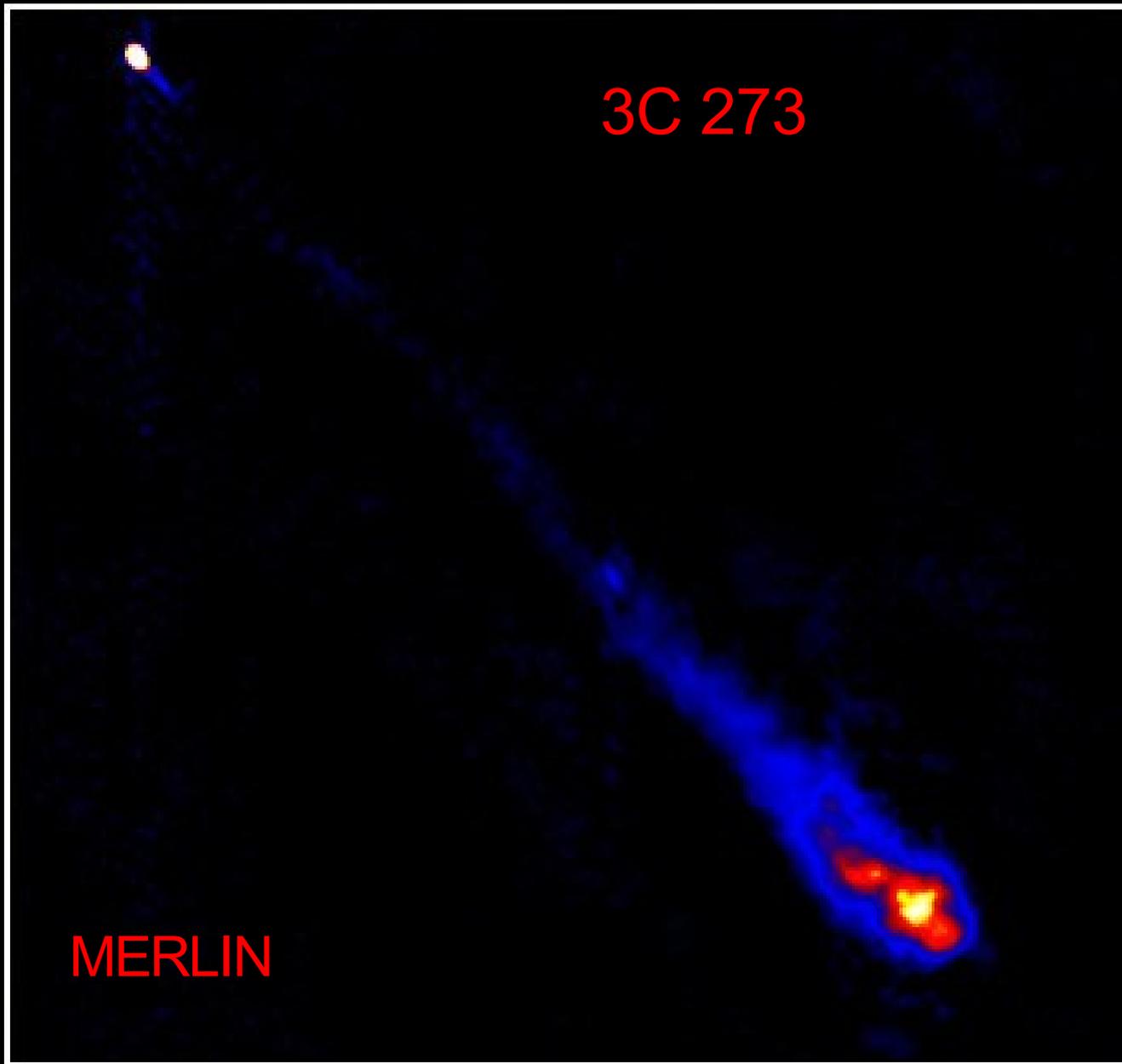
Urry & Padovani

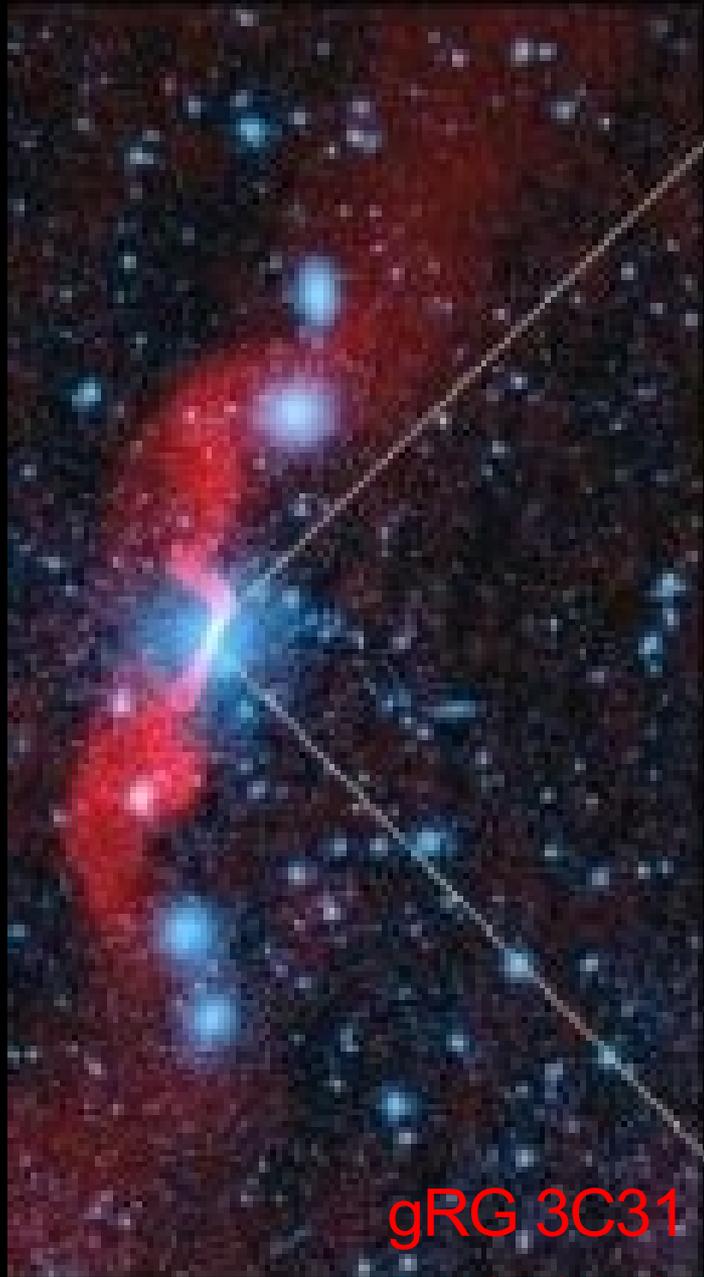
IAAT

Unified Model

3C 273

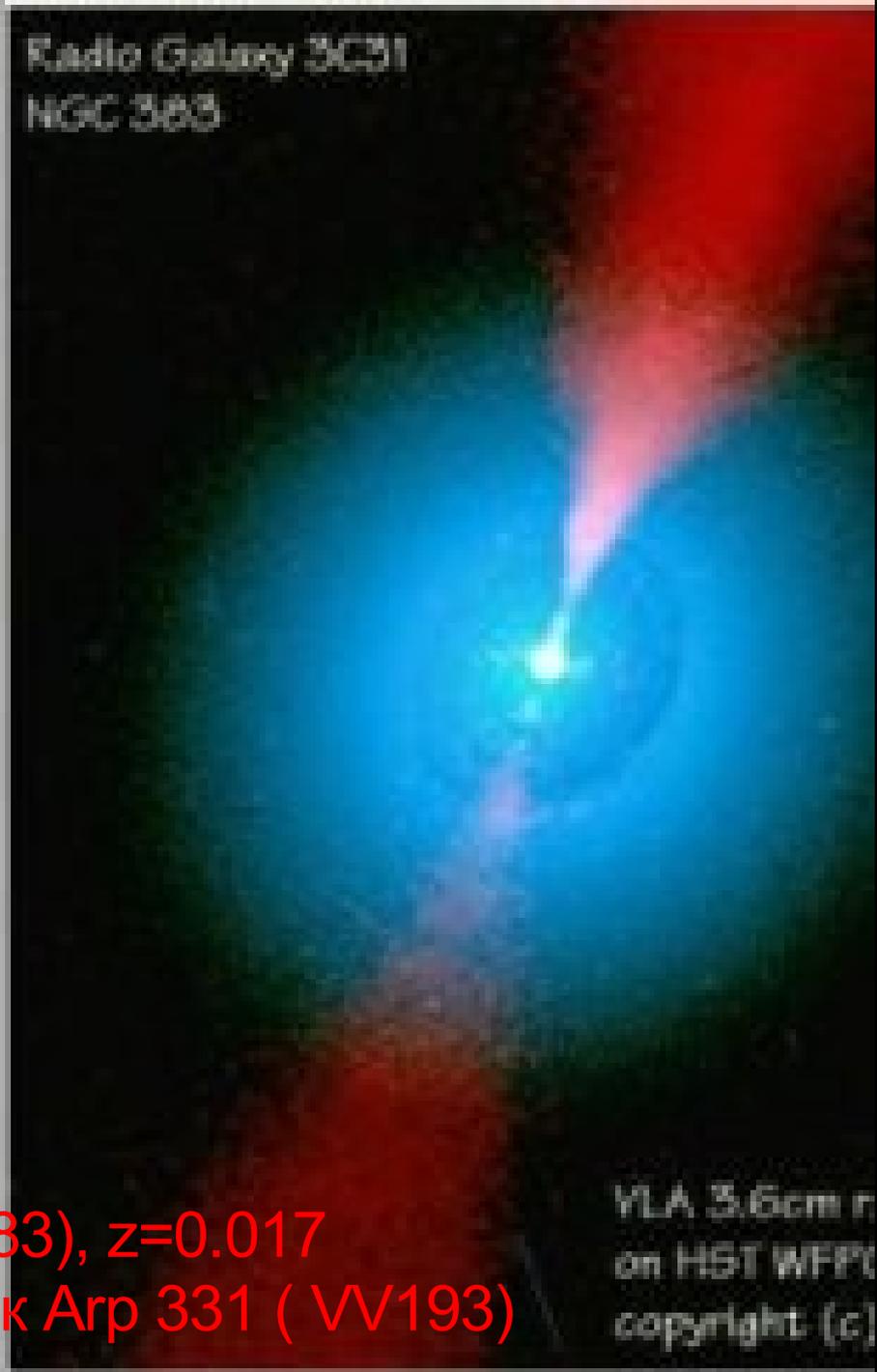
MERLIN





gRG 3C31 (NGC383), $z=0.017$
в цепочке галактик Arp 331 (VV193)

Radio Galaxy 3C31
NGC 383



VLA 3.6cm r
on HST WFF
copyright (c)

P-D диаграммы

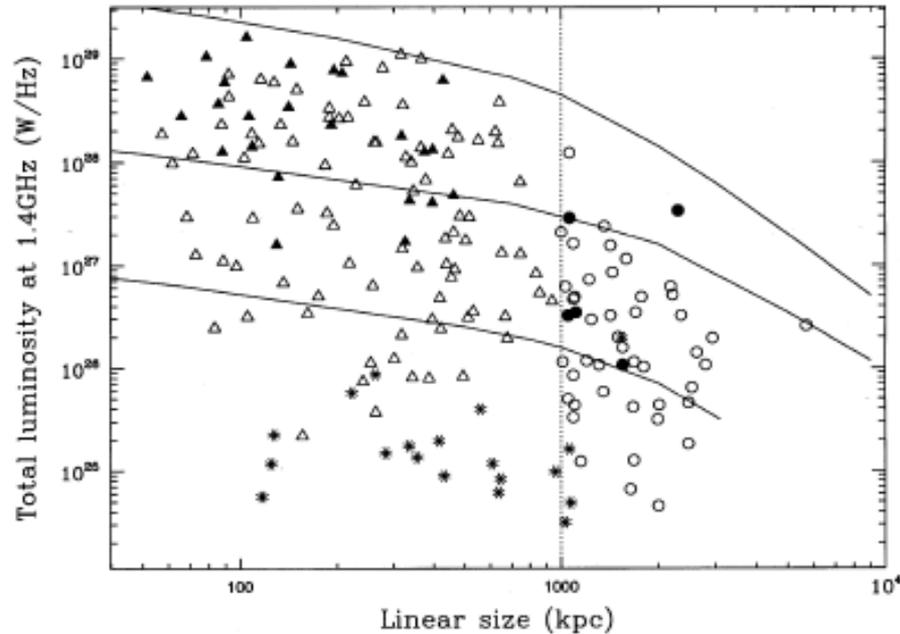


Figure 6. The luminosity-linear size or P-D diagram for all 3CR sources with $50 \text{ kpc} < D < 1 \text{ Mpc}$ and our sample of giant sources. The giant quasars and galaxies are shown by filled and open circles respectively, while the 3CR quasars and galaxies are shown by filled and open triangles respectively, except for those with a clear FR I structure. The FR I sources are marked with an asterisk. The evolutionary scenarios for sources with jet powers of 1.3×10^{40} , 1.3×10^{39} and 1.3×10^{38} W from Kaiser, Dennett-Thorpe & Alexander (1997) are shown superimposed on the diagram.

Lara et al., 2004

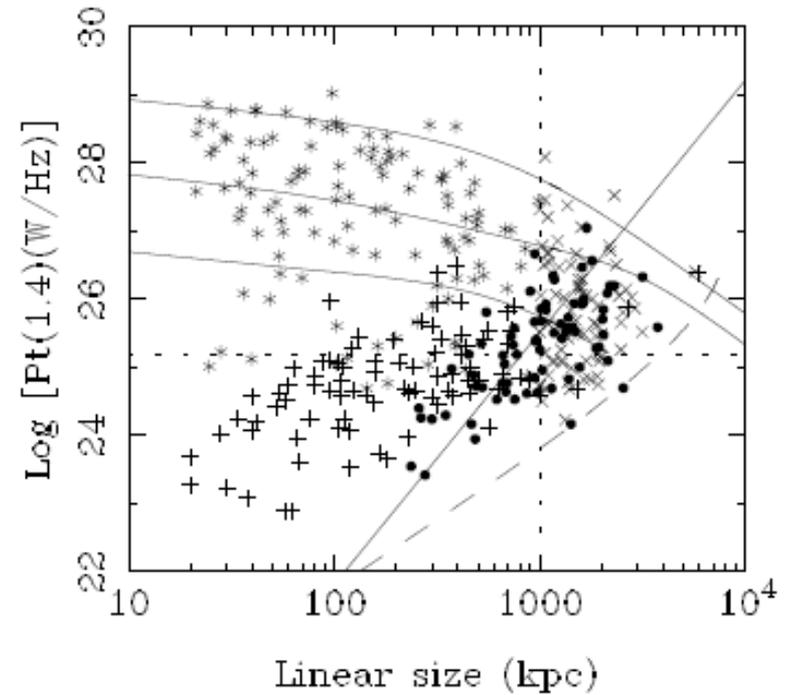
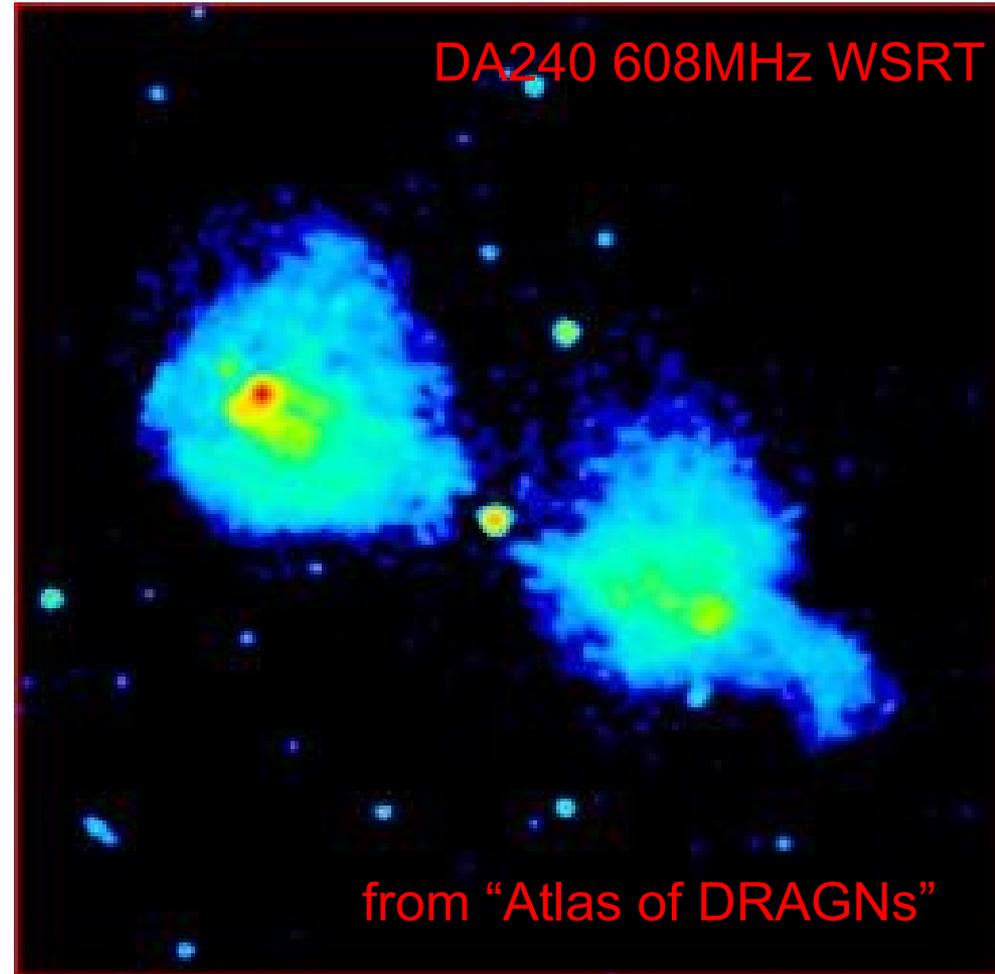


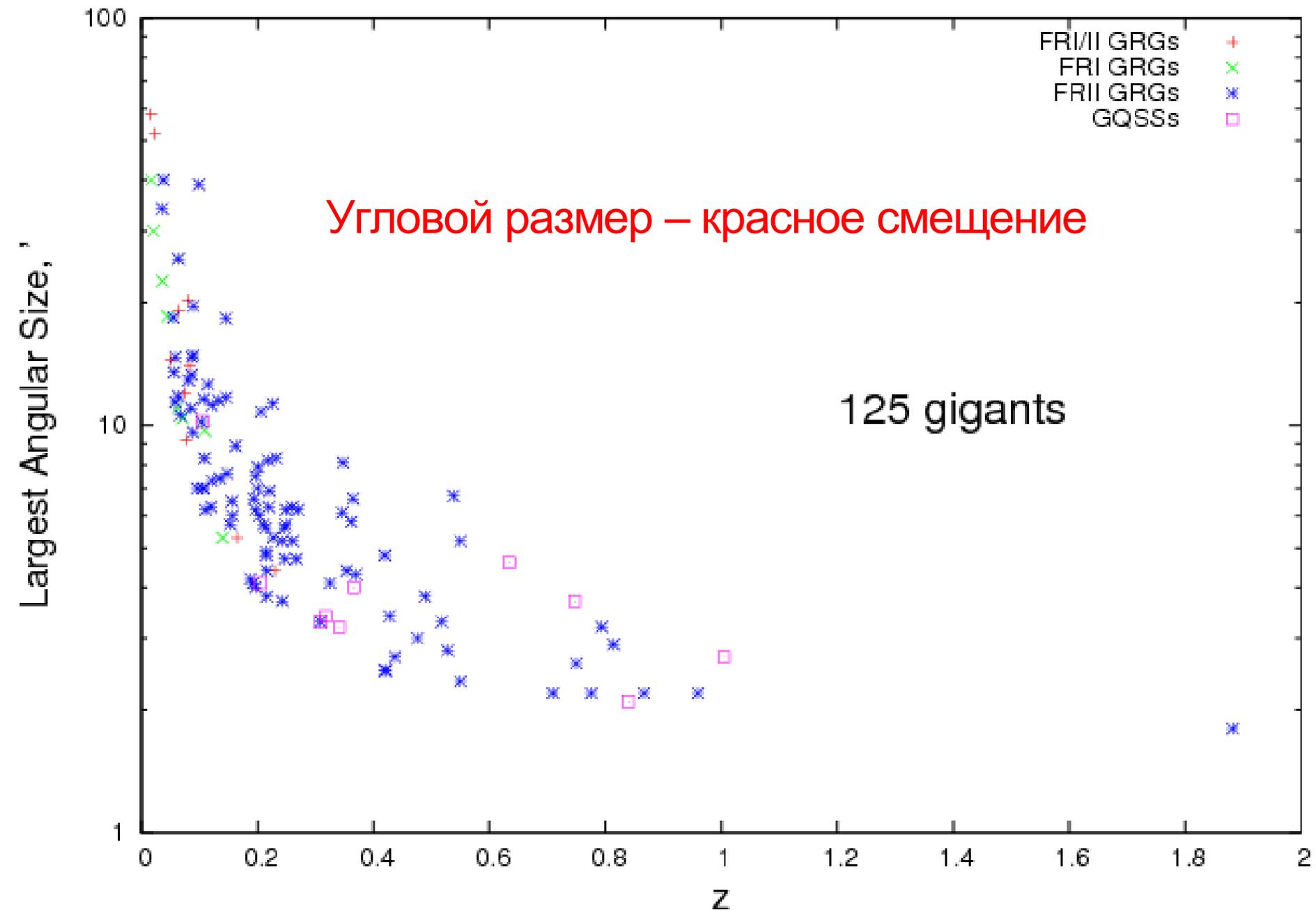
Fig. 11. Power - size diagram of radio galaxies. Filled circles correspond to our sample; crosses correspond to the B2 sample; x-shaped crosses correspond to a compilation of GRGs (Ishwara-Chandra & Saikia 1999, Schoenmakers et al. 2000a, Machalski et al. 2001); asterisks correspond to the Peacock & Wall (1981) sample. The dashed line represents the sensitivity limit of the NVSS for a $16'$ extended 100 mJy source (see Paper I). The horizontal dotted line marks the power break between FR I and FR II radio sources. The vertical dotted line marks the definition of GRGs. The curved continuous lines represent evolutionary tracks for sources with jet powers of (top to bottom) 1.3×10^{40} , 1.3×10^{39} and 1.3×10^{38} W from Kaiser et al. (1997). The straight continuous line represents the trend imposed by our selection criteria in flux density and source angular size.

Ishwara-Chandra, Saikia, 1999

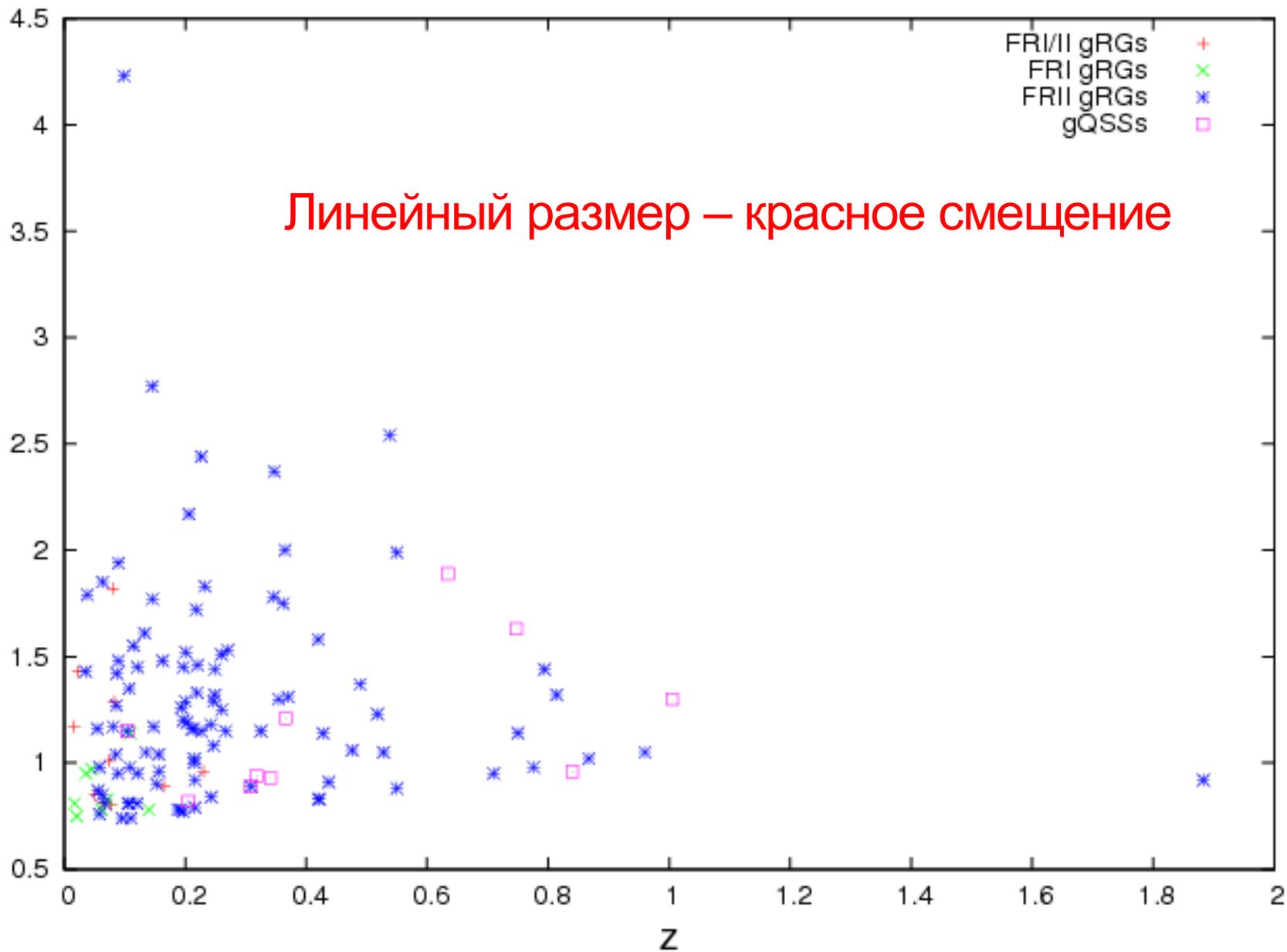
Гигантские радиогалактики. Свойства

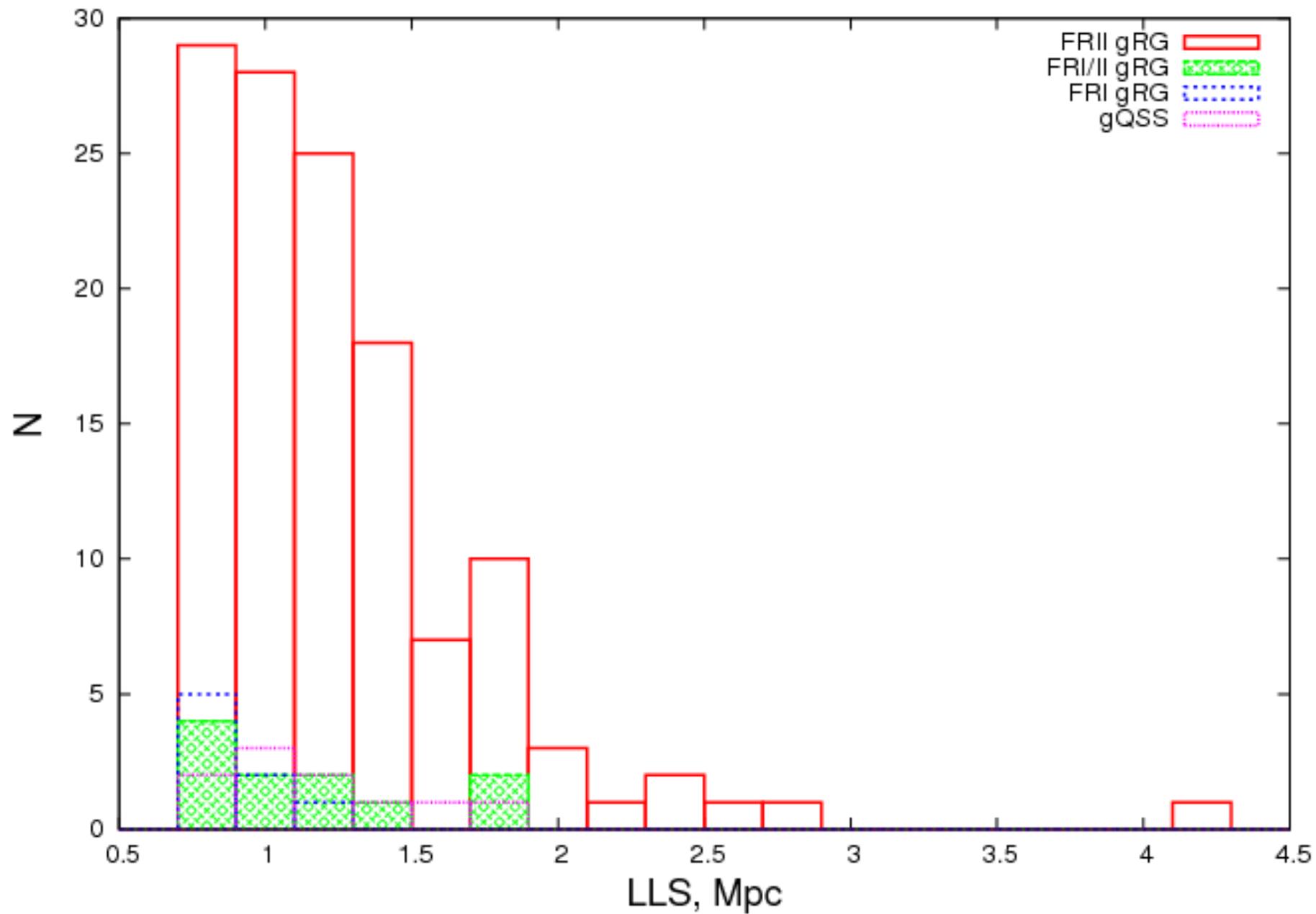
- **LLS > 1Мпк** ($h_{100} = 0.5$)
впервые обнаружены в 1974
(*Willis, Strom, Wilson, Nature, 250, 625, 1974*) 3C236 и DA240
- <http://www.astro.uni-bonn.de/~mjam>
- 125 источников из 3C, 4C, 7C, PKS, MRC, **WENSS**, **NVSS**
- радиоморфология (есть селекция по FRIs): 106 **FR IIs**, 8 FRIs, 11 FRI/IIs
- опт. спектр: для ~ 1/2 выборки:
~50% **LERGs**, ~30 % HERGs, 8% BLRGs, 14% QSSs
- $\langle z \rangle = 0.28$ (0.017 – 1.88)

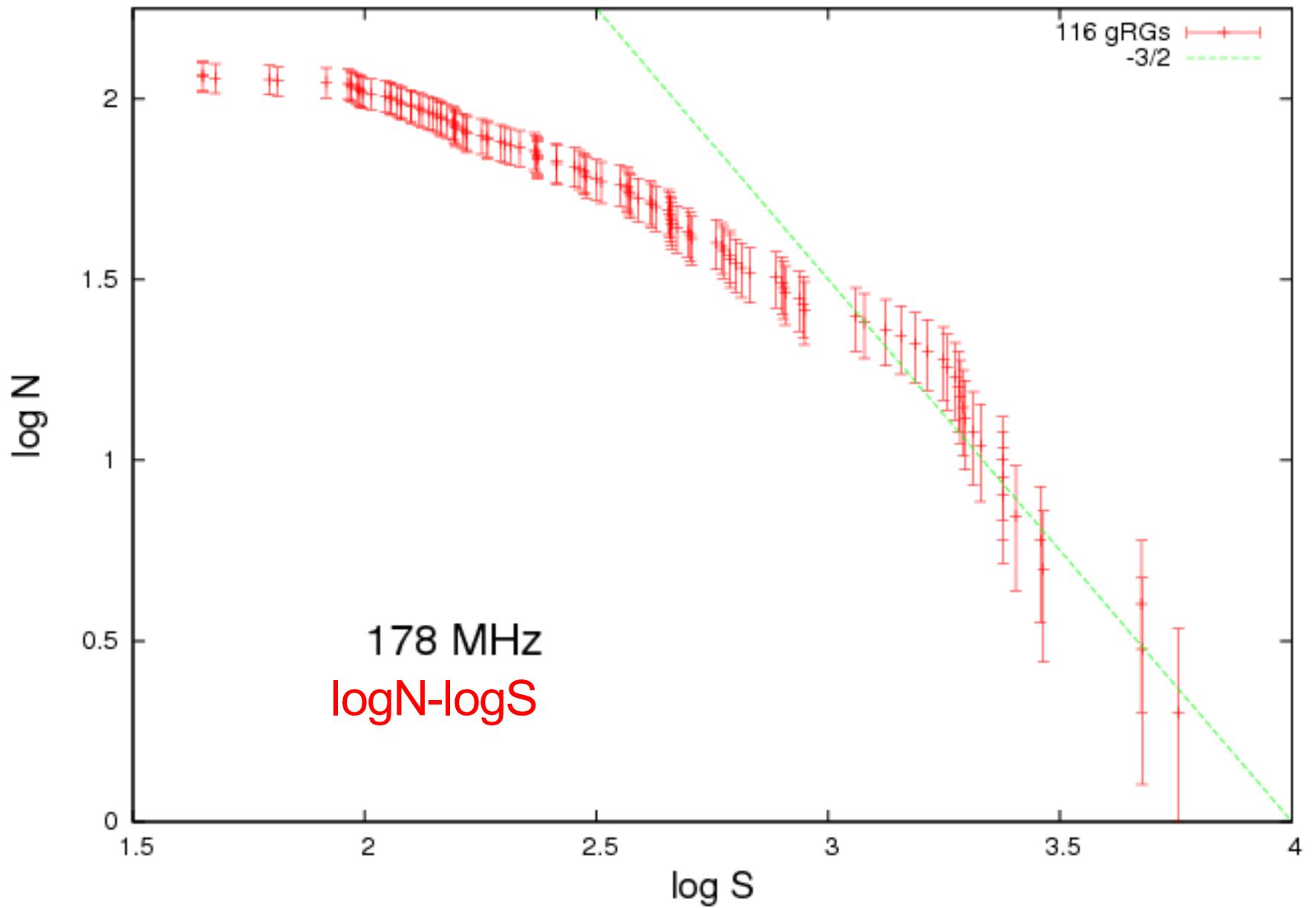




Largest Linear Size, Mpc



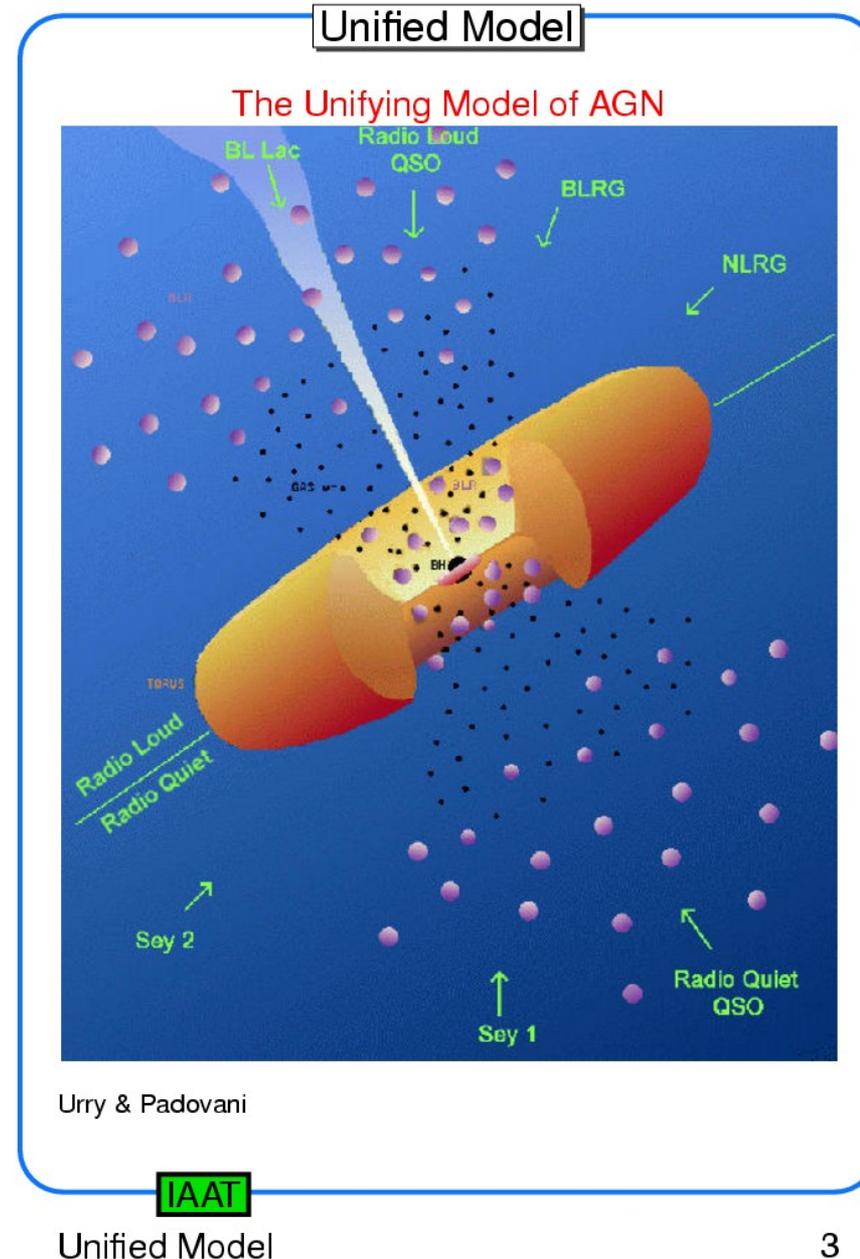


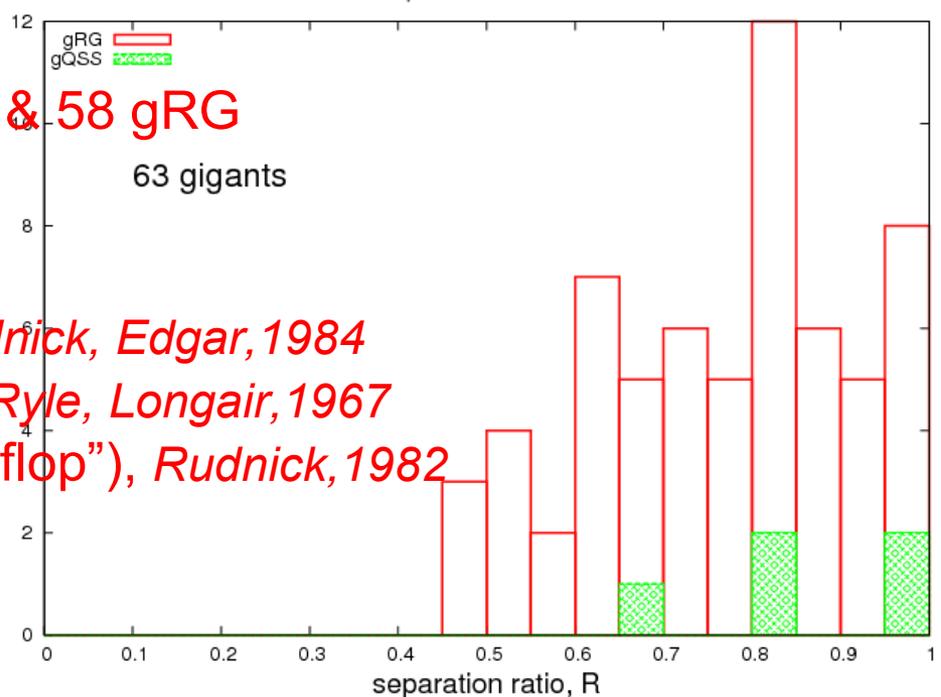
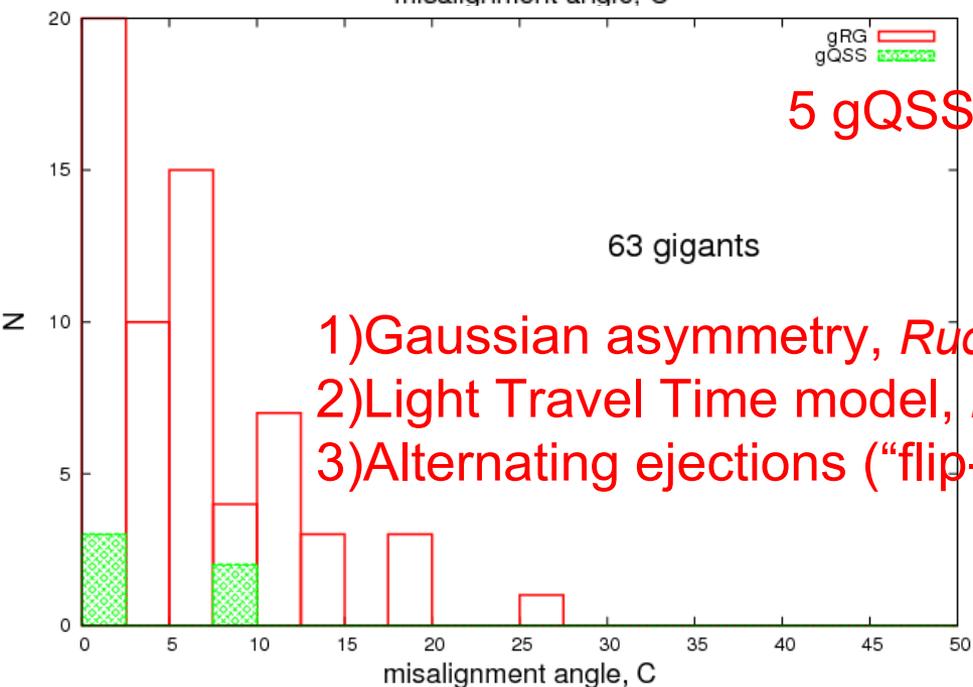
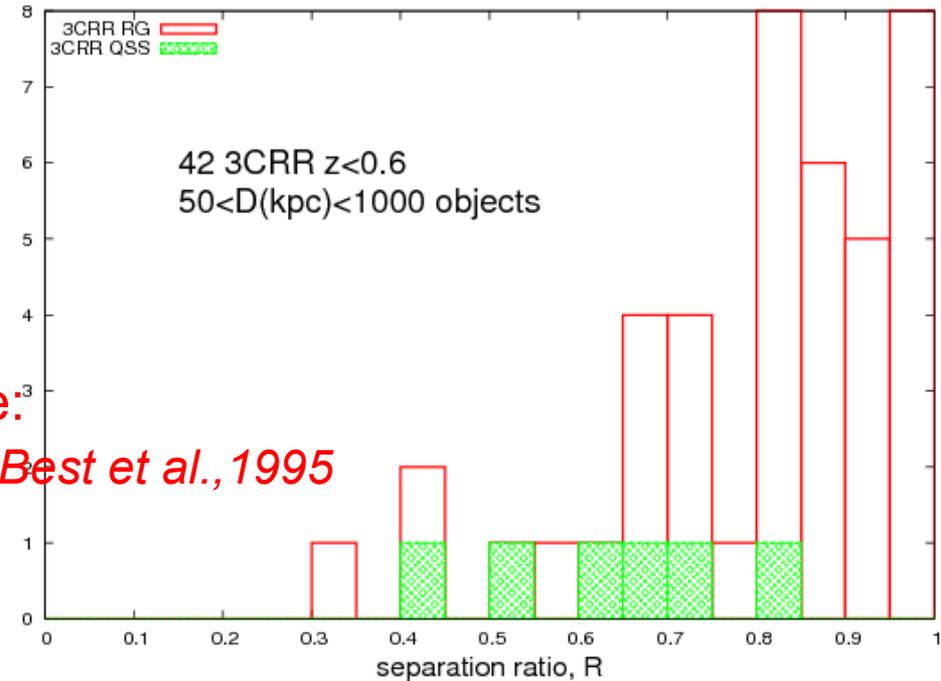
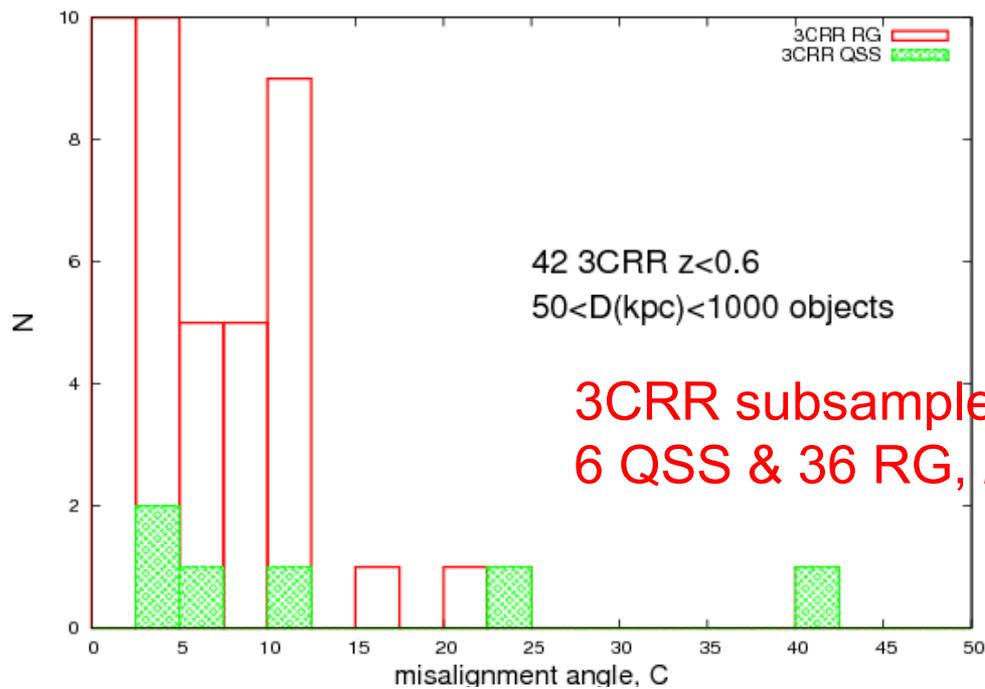


Гигантские радиогалактики. Свойства

- $f_c = (F_{\text{core}} / F_{\text{tot}}) = 0.035$ для gRG
= 0.031 для RG (gRG не выделяются по выраженности ядра)
 - $f_c = 0.12$ для gQSS *Ishwara-Chandra, Saikia, 1999*
 $f_c = 0.052$ для QSS
(QSS и gQSS выделяются по мощности ядра) –
УС/Эволюция
 - Доля gRG среди сильных RG ~ 10%
доля gQSS среди gRG ~ 10%
- => доля gQSS среди сильных RG ~ 1% (3CRR выборка)

- Спектральная классификация для 73 объектов
- В gRG выборке доля QSS:
 - $f_Q = 0.14 \pm 0.04$ относительно всех объектов
 - $f_Q = 0.27 \pm 0.09$ относительно HERG объектов, то есть “все” – LERG объекты
 - Если QSS = объекты с BL =>
 - $f_Q = 0.22 \pm 0.05$ относительно всех
 - $f_Q = 0.43 \pm 0.11$ относительно HERG
- По изотропным
 - 3CRR выборке $f_Q = 0.29$ относительно всех объектов (Barthel, 1989)
 - 3CRR, 6C и 7C выборкам ожидается $f_Q = 0.40$ относительно HERG (Willott et al., 2000), где QSS = объект с BL
- “различие” из-за $D_{\min} = 1 \text{ Мпк}$:
 - большая доля LERG среди гигантских (~слабо светимых) объектов (без LERG – согласие с ожидаемым от изотропных выборок)



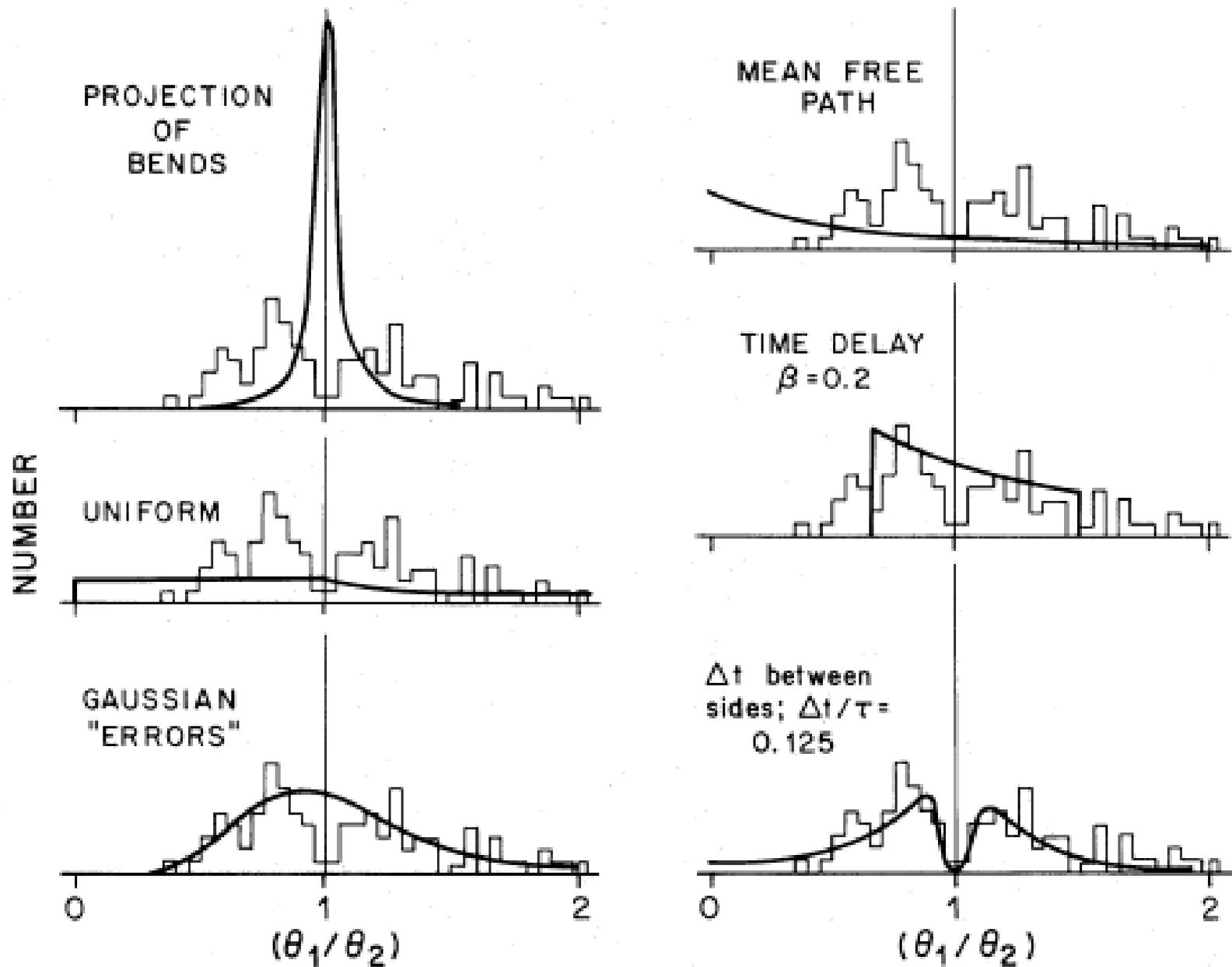


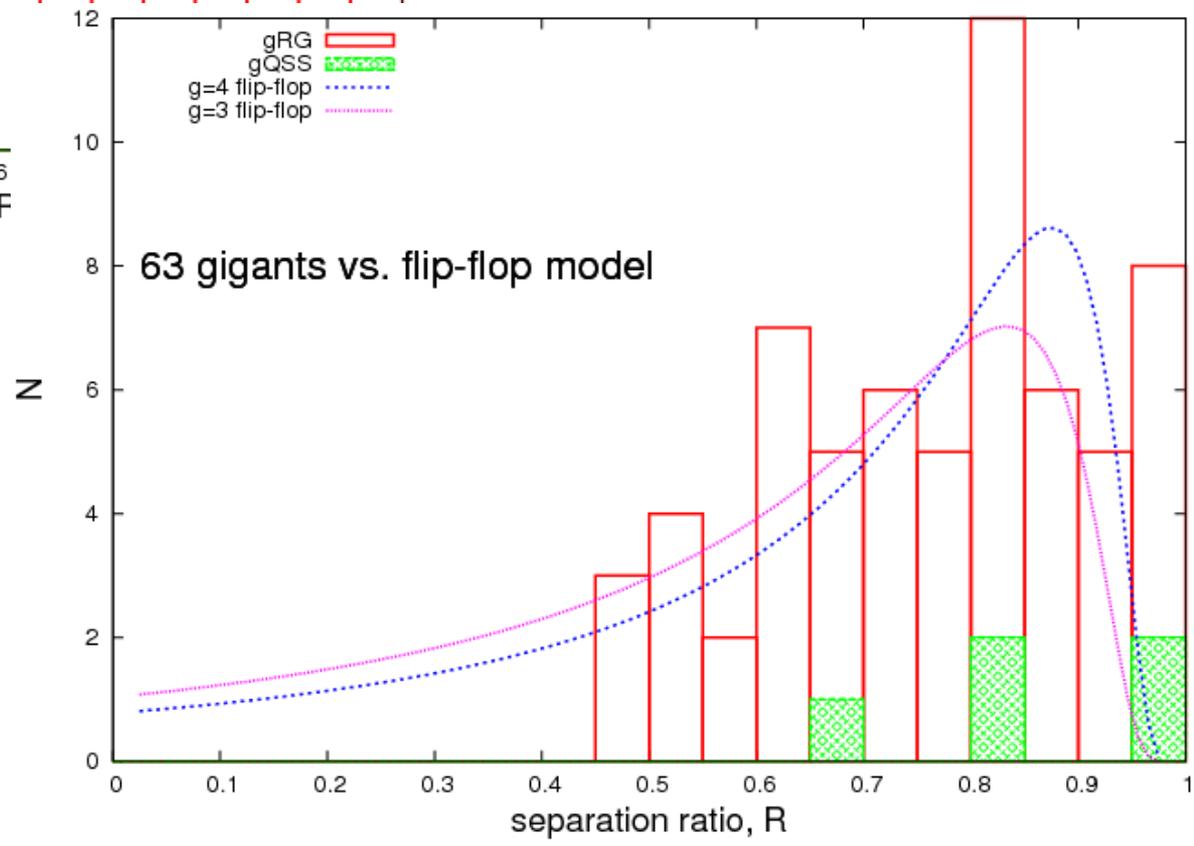
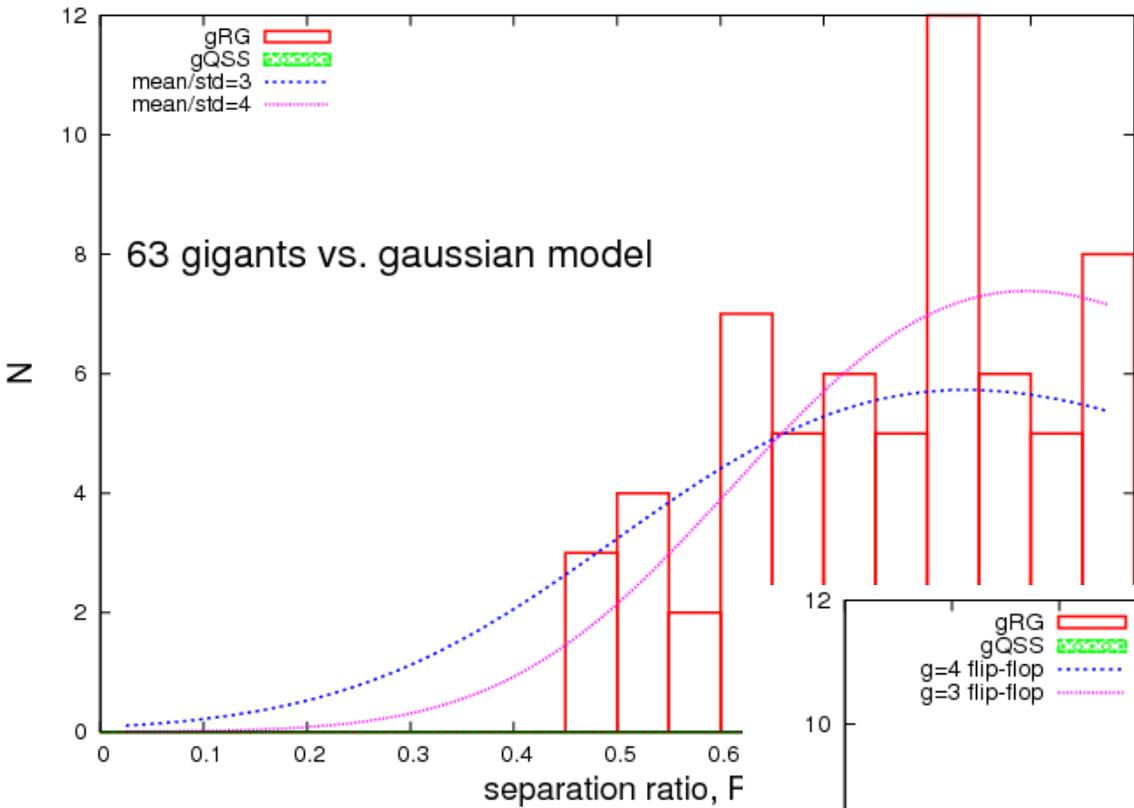
3CRR subsample.
 6 QSS & 36 RG, *Best et al., 1995*

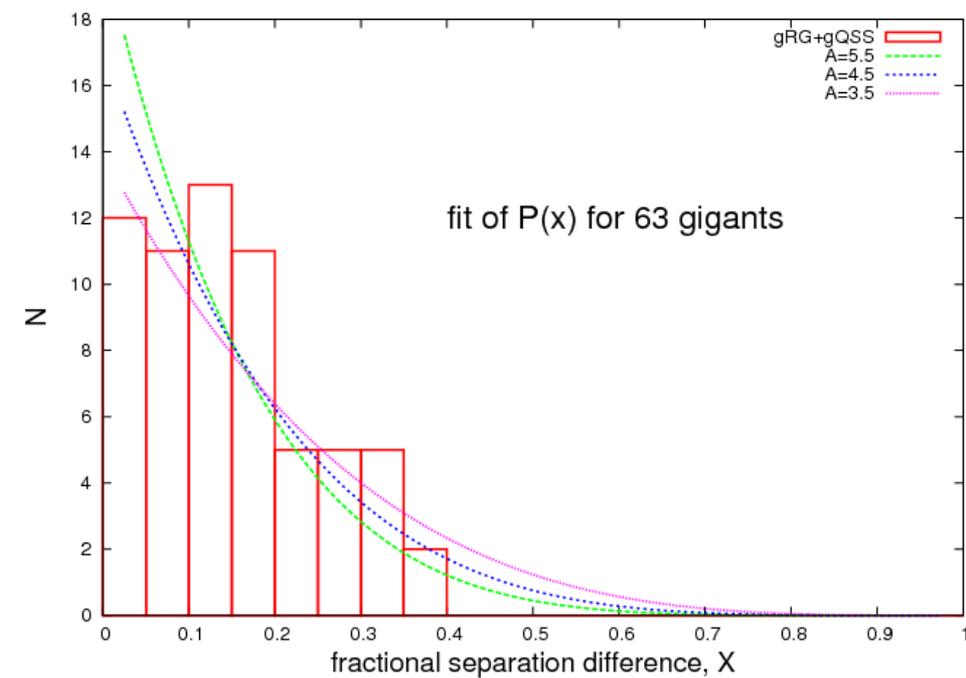
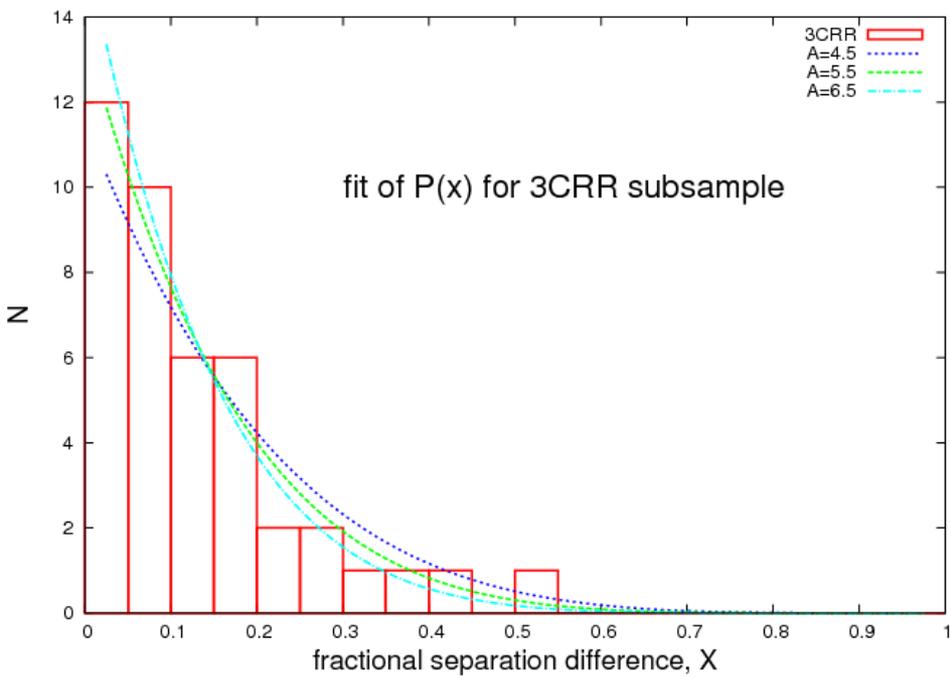
5 gQSS & 58 gRG

- 1) Gaussian asymmetry, *Rudnick, Edgar, 1984*
- 2) Light Travel Time model, *Ryle, Longair, 1967*
- 3) Alternating ejections ("flip-flop"), *Rudnick, 1982*

47 QSSs from GB, WSRT QSS surveys

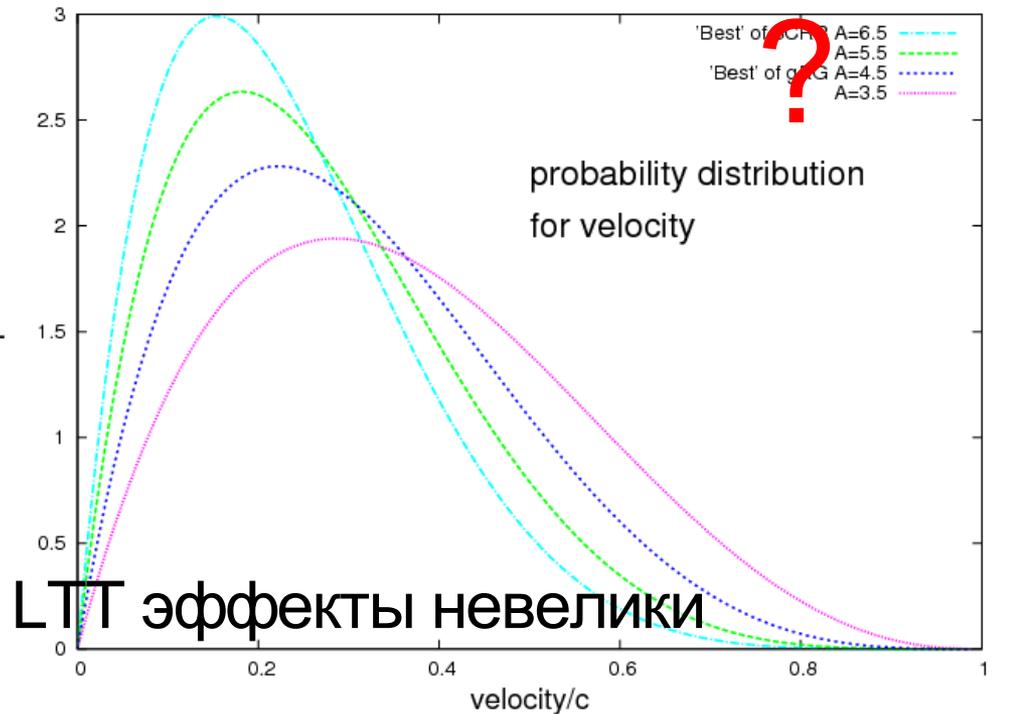






В LTT модели по распределению $P(X)$ можно определить распределение скоростей распространения выбросов - см. *Banhatti, 1980*. Для 95 источников из 3CRR выборки получается $\sim 0.2c$ (что соответствует $A=5.3$ – см. рис), *Best et al., 1995*.

Не подходит для gRG из-за неізотропного распределения => LTT эффекты невелики по наклонениям выбросов?



LTT эффекты невелики

Возможные причины возникновения:

$$D = v_{hs} \times t = \left(\Pi / \rho_{ext} A \right)^{1/2} \times t$$

- **Мощный выброс** => большая скорость (на более ранних этапах?)
- **Разреженная среда** => большая скорость на $\sim 100 - 1000$ кпк => группа/скопление (V_{gg} , X-rays)
- **Время жизни** => когда gRG – это просто старые RG, каждая RG может дожить до стадии гиганта
- **Долго живущие** => стабильное питание на протяжении достаточного времени – экономная аккреция? (BAL QSOs)/более частая поставка топлива посредством merging'а/каннибализма? (группа/скопление - на более ранних этапах? V_{gg} , X-rays)

Мощный выброс? => большая скорость

- РСДБ-наблюдения ядер gRG
- ($\Gamma=10$) + (jet/contrjet ratio = $J \sim 1$) =>
$$\cos \theta \approx (J^{1/p} - 1) / (J^{1/p} + 1) \approx 0$$

- Doppler beaming

$$\delta(\Gamma, \theta \approx 90^\circ) \approx 1/\Gamma$$

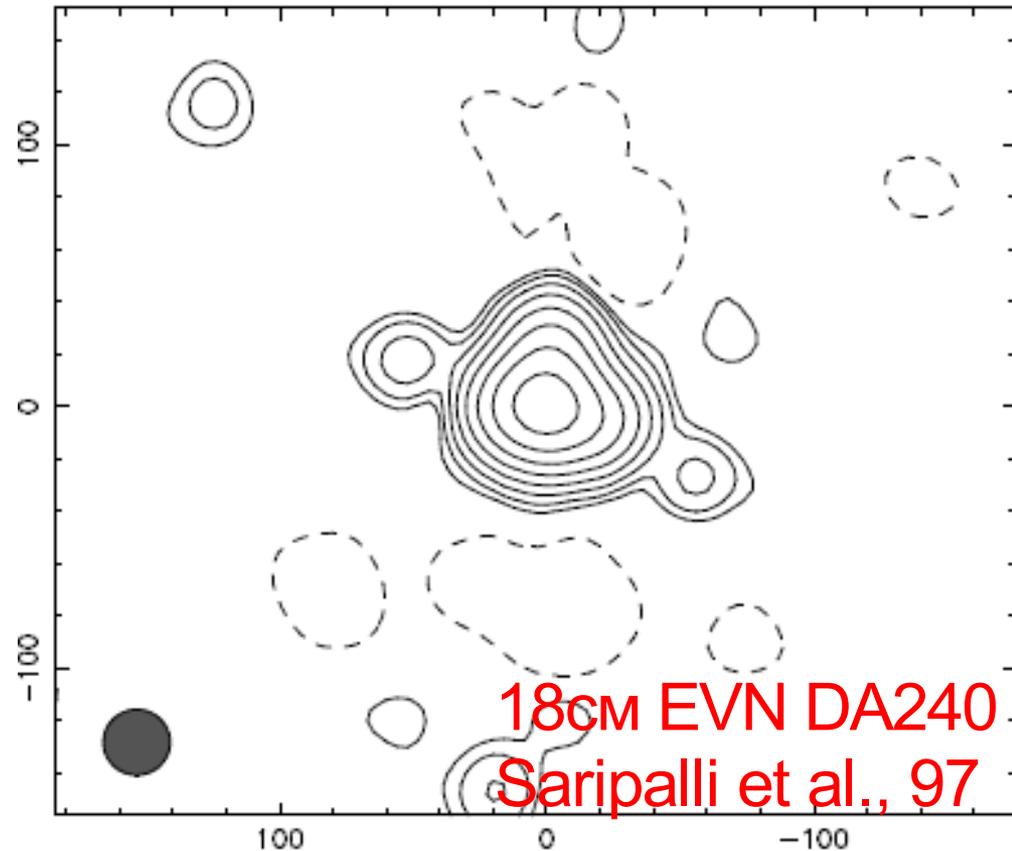
$$S_{obs} = S_{int} \times \delta^{p+\alpha}$$

$$P_{int} \approx 250 P_{obs} \sim 10^{24} \frac{W}{Hz}$$

=>

либо еще меньше, если видим “медленную” оболочку

Но РСДБ фиксирует активность ядра в данный момент
=> раньше выброс мог быть мощнее



Разреженная среда? => большая скорость

- Отсутствует целенаправленное изучение окружения

- Оптическое окружение:

1) амплитуды двухточечной корреляционной функции - B_{gg}

2) число галактик внутри 0.5 Мпк ярче $M_{z=z_{RG}} = -19$
либо в пределах $(m_1, m_1 + 3)$ - $N_{0.5}^{19}$

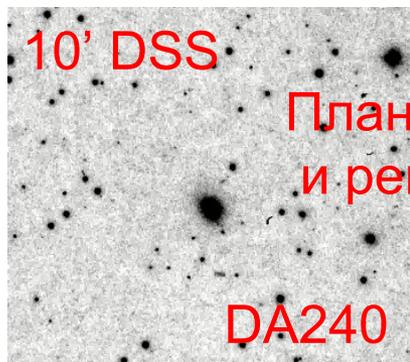
3) спектроскопия: 2 gRG в группах (N=20-30)

⇒ всего 18 объектов (поле/бедные группы)

SDSS – С. Пилипенко, 9 gRG, $(n / \bar{n})_{5Mpk} = 2 \div 17$

- Рентгеновское окружение:

для ~ 10 источников есть данные, которые согласуются с нахождением их в бедных группах



Планы на будущее: исследование оптического (DSS) и рентгеновского окружения gRG

Longair, Seldner, MNRAS, 189, 1979

Yee, Green, AJ, 319, 1987

Prestage, Peacock, MNRAS, 230, 1988

...

$$\delta P = n \delta V [1 + \xi(r)]$$

$$\xi(r) = B_{gg} r^{-\gamma}$$

$$w(\theta) = A_{gg} \theta^{1-\gamma}$$

$\gamma \sim 1.77$ Groth, Peebles, ApJ, 217, 1977

$B_{gg} \approx 26 h_{75}^{-1.77} \text{Mpc}^{1.77}$ “поле”

$$A_{gg} = \frac{1.23}{2\pi N \theta^{1.23}} (N - \pi \theta^2 N)$$

$$B_{gg} = \frac{A_{gg} \bar{N}}{I_{\gamma} \phi(m_0, z)} [D_A]^{\gamma-3}$$

B_{gg}

APM Catalog – оцифровка POSS I & UKST пластин

<http://www.ast.cam.ac.uk/~apmcat/>

$\phi(m_0, z)$

*Schechter LF, Stromolo-APM redshift survey
Loveday et al., ApJ, 390, 1992*

$$\alpha = -0.97 // \varphi^* = 1.4 \times 10^{-2} (h_{100})^3 \text{ Mpc}^{-3} //$$

$$M_r^* = -20.63 + 5 \log(h_{100})$$

m_0

соответствует

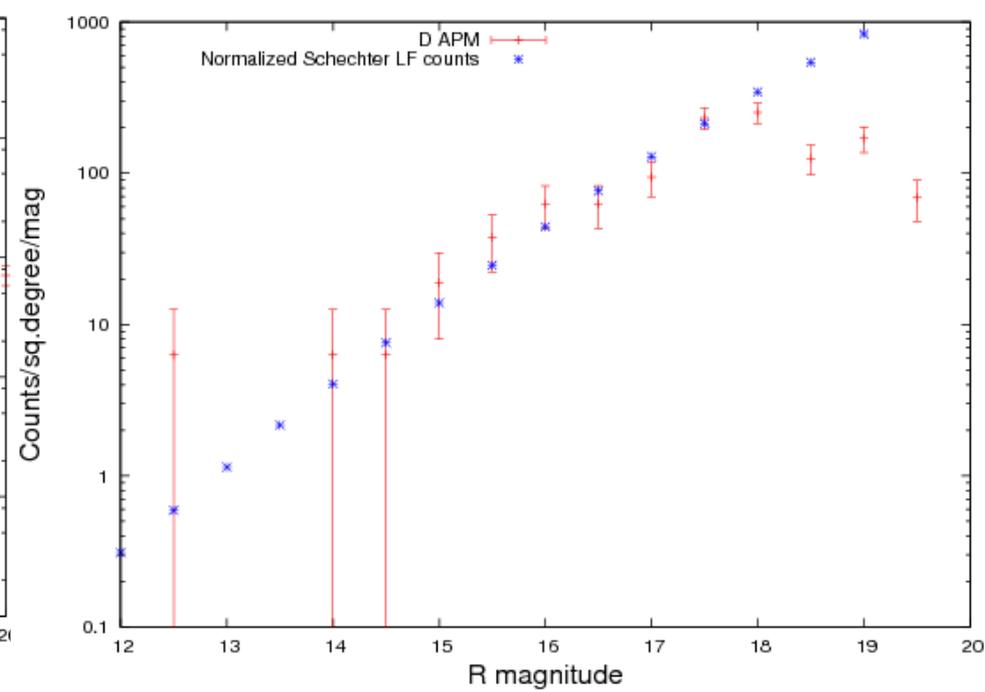
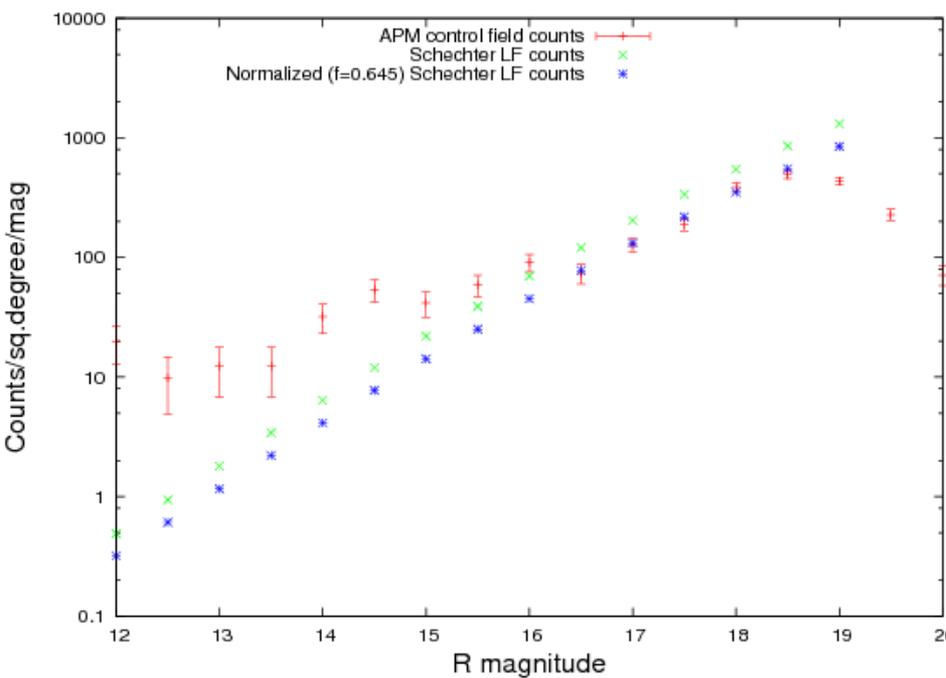
θ

$M^* + 1$ на z RG

$r = 0.9 \text{ Mpc}$

лучший выбор для исследования окружения RG вне богатых скоплений

Miller et al., AJ, 118, 1999



B_{gg} AND X-RAY LUMINOSITIES OF ABELL CLUSTERS

ABELL RICHNESS CLASS (1)	B_{gg}			L_x ($10^{42} h_{75}^{-2}$ ergs s^{-1}) (5)
	Andersen & Owen (2)	Prestage & Peacock (3)	Yee & Lopez-Cruz (4)	
0.....	162 ± 41	146 ± 15	293 ± 98	8.2
1.....	272 ± 52	350 ± 37	488 ± 98	18.0
2.....	515 ± 74	500 ± 61	683 ± 98	39.4

NOTE.—Col. (1), Abell's richness class, where 0 indicates 30–49 members, 1 indicates 50–79 members, and 2 indicates 80–109 members; col. (2), average B_{gg} per richness class (in units of $h_{75}^{-1.77} \text{ Mpc}^{1.77}$), from Andersen & Owen 1994, who use a similar procedure to that adopted in this study; col. (3), average B_{gg} as presented by Prestage & Peacock 1988, 1989, in units of $h_{75}^{-1.77} \text{ Mpc}^{1.77}$; col. (4), suggested B_{gg} per richness class (in units of $h_{75}^{-1.77} \text{ Mpc}^{1.77}$), from Yee & Lopez-Cruz 1999 (note that these represent suggested values of B_{gg} by richness class, based on a reasonable linear fit to their results; their median values of B_{gg} by richness class are roughly 465, 465, and 830); col. (5), X-ray luminosity, based on the fit of Voges et al. 1999. This is derived from the RASS using a 500 kpc aperture, and the values presented here assume 40 members for an $R = 0$ cluster, 65 for $R = 1$, and 105 for $R = 2$ (i.e., the midpoints for each richness as defined by Abell).

- Вместе с известными результатами по окружению

$$B_{gg} \sim B_{gg}^{field} \text{ в пределах ошибок,}$$

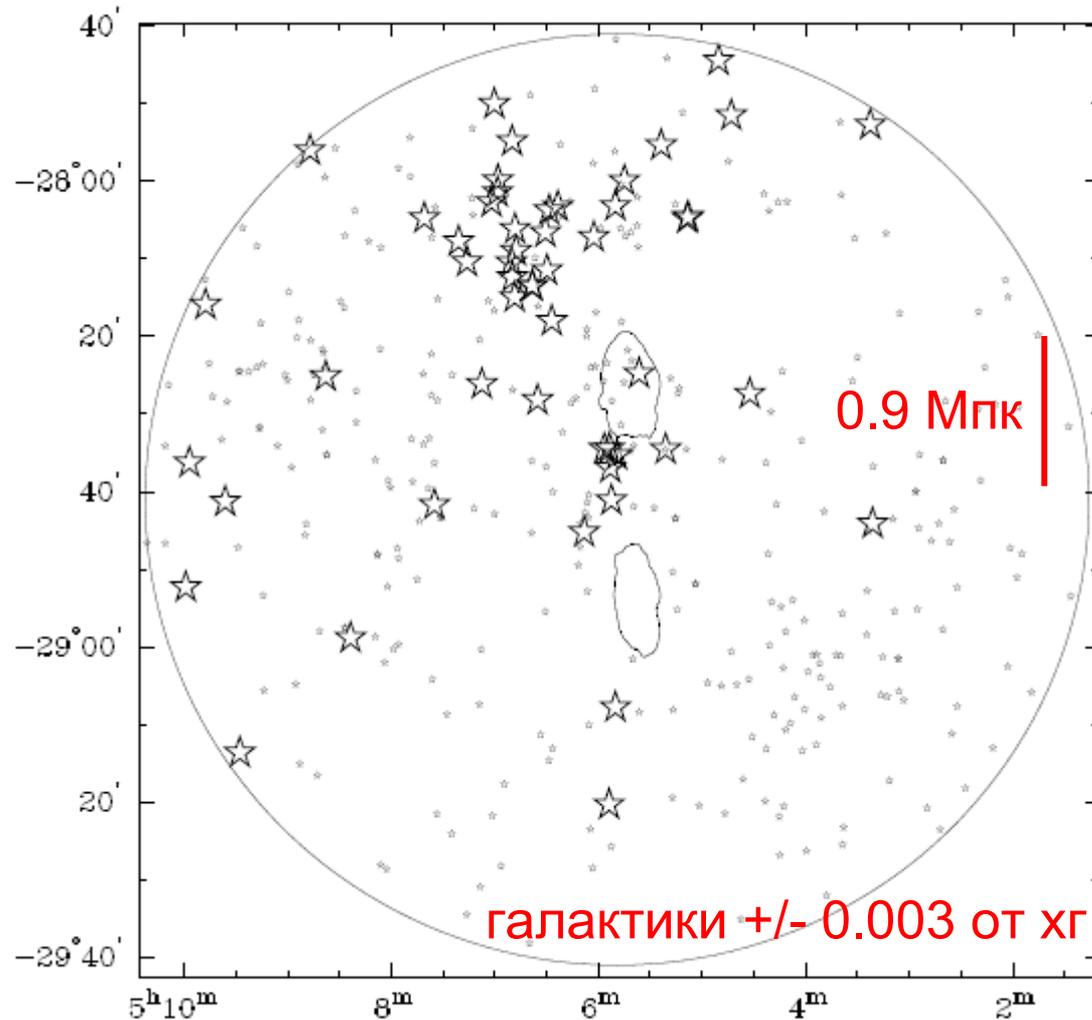
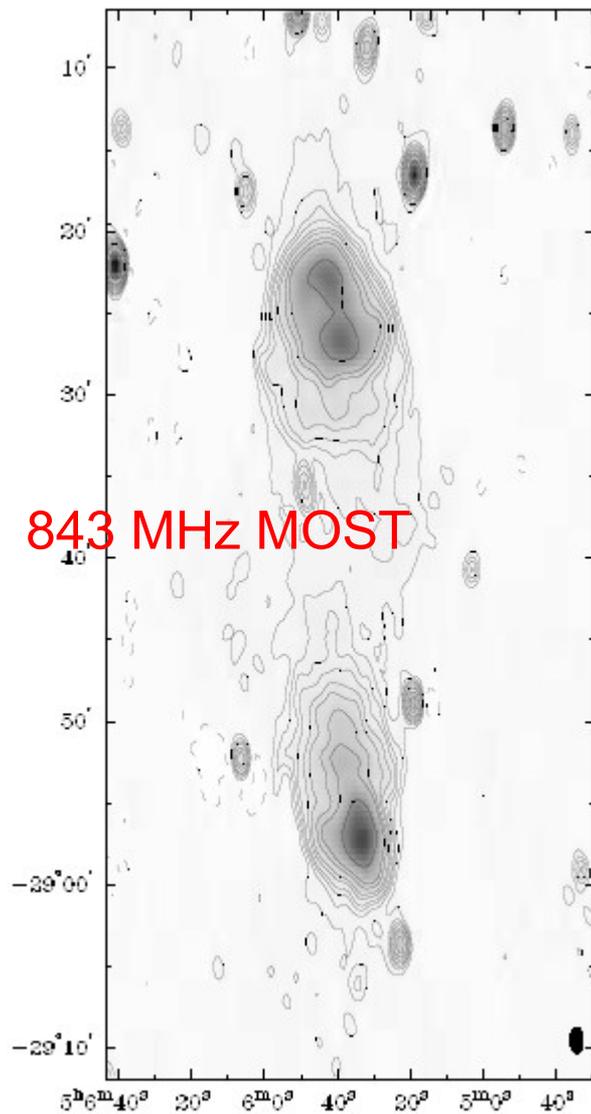
NGC315 **32+/-18**, 3C31 215+/-36, 0320-4515 **28+/-14**,
0506-2835 **22+/-16**, 0513-3028 **-14+/-14**, DA240 81+/-34,
0918+2151 83+/-30, 0949+7314 **-94+/-30**, 1018-1240
18+/-10, 1032-2756 **-56+/-23**, ...

Рентгеновские наблюдения (*Miller et al., AJ, 118, 1999, Wan, Daly, 467, 1996*)

необнаружения кроме 3C31, NGC315

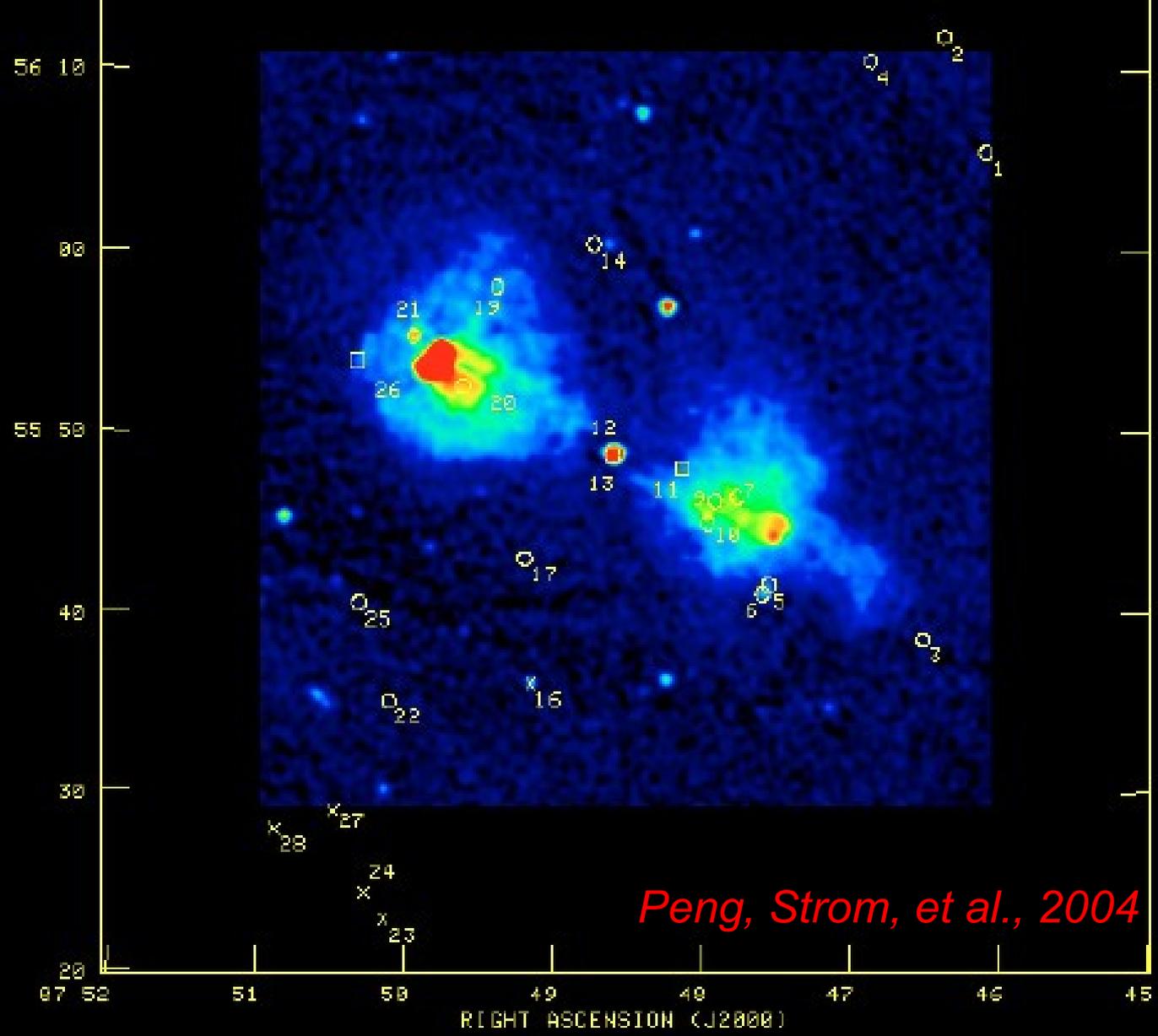
типично для близких FR II групп (*Wan, Daly, 467, 1996*)

MSH 0522 ($z=0.038286$) $D=1.8$ Мпк



Sabrahmanyam et al., 2008

DA 240 ($z=0.036$) и его группа из ~ 20 галактик



gRG - старые RG?

Отношение $N(gRG)/N(RG) \sim 0.05 \Rightarrow$ если все RG \rightarrow gRG:

$$t(D > 1 \text{ Мпк}) / t(D < 1 \text{ Мпк}) \sim 0.05$$

где $t_{kin}(LLS < D) \sim 3 \times 10^7 D(\text{Мпк}) / \beta(0.1c) \text{ лет}$

но $t_{syn} / t_{kin} > 1$ для $D > 1 \text{ Мпк}$ (данные по t_{syn} например у *Ishwara-Chandra, Saikia, 1999*)

\Rightarrow Сценарий согласуется со статистикой размеров лишь для $V \gg / \ll V_{eq}$ (тогда завышены оценки t_{syn}) или же работает селекция и в обзоры не попадают GRG. На самом деле есть селекция против GRGs:

для WENSS: на $z > 0.3$ для $\log P < \sim 25.5$ + связанные с плотностью потока на $z > 0.1$ и поверхностной яркостью при $z < 0.1$ пределы на S_{int} для $D > 1 \text{ Мпк}$ при $LAS > 5'$)

По имеющимся на сегодня данным по gRG модель не проходит

Долго живущие QSS?

- могут ли небольшая популяция QSSs с особенными свойствами быть прародителем gRGs?
- для долгой активности необходимо: стабильное питание на протяжении достаточного времени – по крайней мере

$$\checkmark t_{QSS} \sim 10^{7-8} \text{ лет} \quad t_{kin} \sim \frac{3 \times 10^7 D(M_{\text{пк}})}{\beta(0.1c)} \text{ лет}$$

но почему только ~1% от RG - gQSS, в то время QSS ~ 10%?

Ориентация – фактор ~ 2, большая доля LERG (слайд 4), + :

✓ “экономная” аккреция? (BAL QSOs):

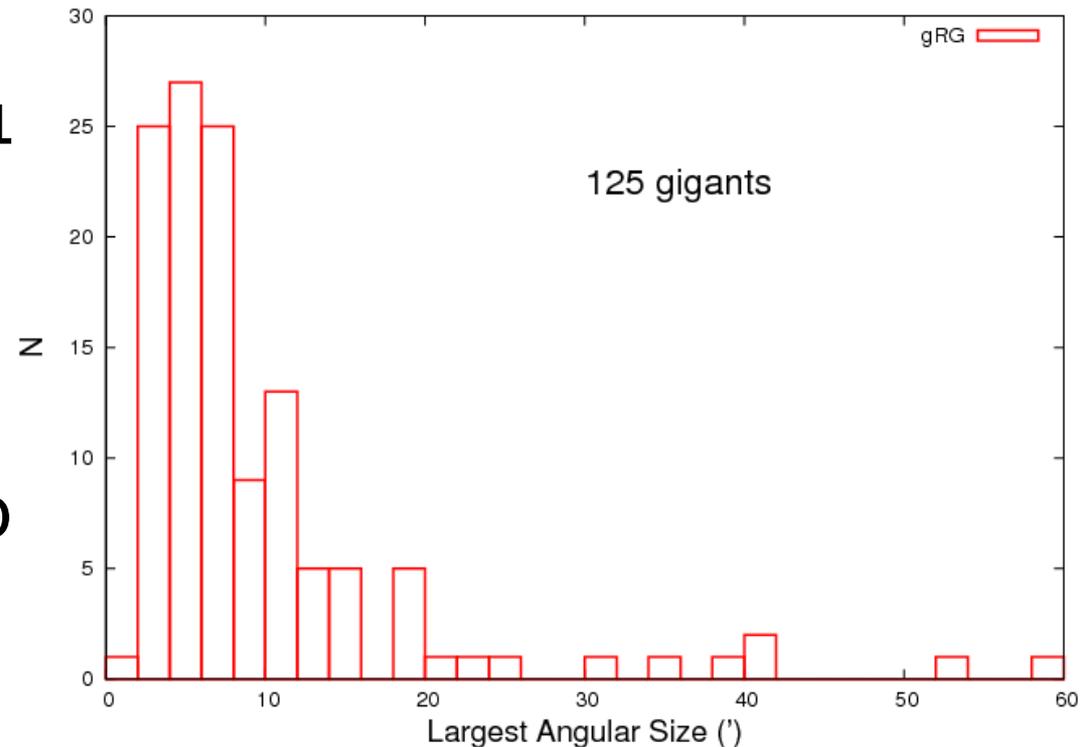
Ветер сильно вз-ет с аккреционным потоком, растягивает по времени аккрецию в-ва + в этой моде аккреции ($L/L_{\text{Edd}} < 0.01$) энергия выделяется в форме потока кинетической/ЭМ энергии, что дает энергетику для радиовыбросов (по аналогии с микроQSS, быстро меняющие радио статус в зависимости от L/L_{Edd} ?)

✓ особенное окружение/группа? Что приводит к более частому/стабильному питанию “Центральной Машины” посредством merging 'a /канибаллизма

Как их можно использовать

- Связь ассиметрий с крупномасштабной структурой (*Sabrahmanyam et al., 2008* , *Peng et al., 2004*)
- Влияние на результаты по анизотропии СМВ – релятивистский SZ на протяженных компонентах РГ (*Colafrancesco, 2008*)

- Для gRG эффект ес сильнее так как:
 - 6) геометрическая толщина больше
 - 2) крутой радиоспектр => слабее в радио

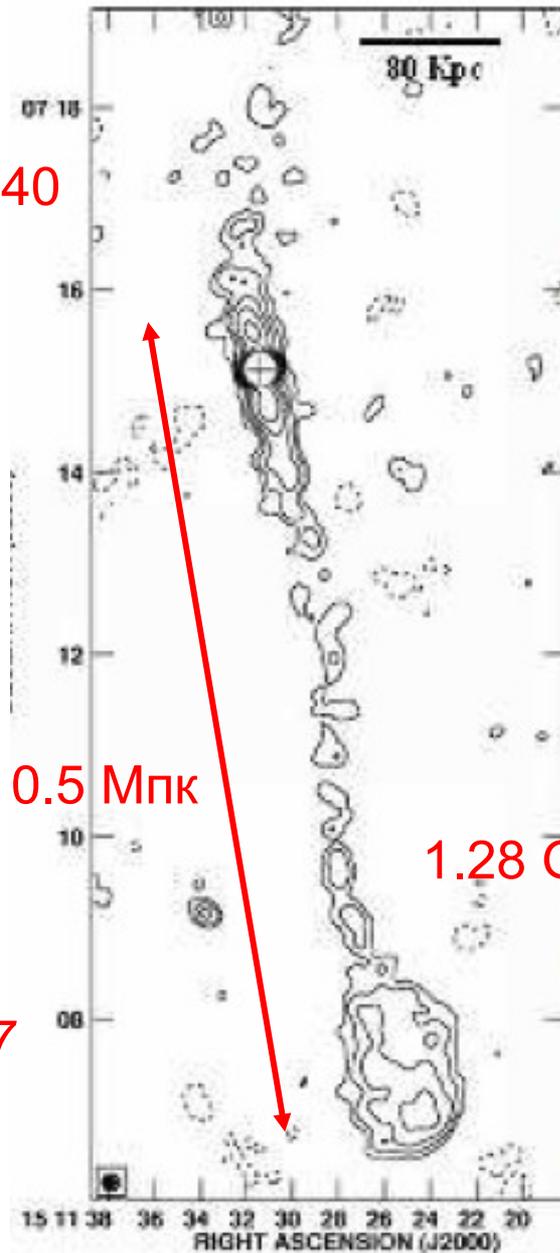


Выводы:

- gRG не могут быть обычными старыми “ЗС” RG, так как в этом случае пространственная плотность gRG была бы больше, чем у “ЗС” RG, а этого не наблюдается.
- Из предположения, что QSS → обычные RG, следует, что их пространственные плотности соотносятся как средние времена их жизни: 10^7 лет/ 10^9 лет ~ 0.01
- Из наблюдаемого факта, что $\sim 10\%$ гигантских радиоисточников являются gQSS, можно сделать вывод, что $\sim 10\%$ от RQSS являются долгоживущими ($\sim 10^8$ лет) и за это время становятся гигантскими. Со временем, эти 10% долгоживущих RQSS и будут наблюдаться как gRG
- Вытянутость гигантских радиоструктур часто коррелирует с вытянутостью крупномасштабной структуры на масштабах несколько Мпк (3C31, DA 240, MSH 0522)
- Наблюдение на метровых волнах могут пролить свет об временной эволюции структуры радиоисточника. Это в первую очередь относится к источникам с односторонними крупномасштабными радиоструктурами (CGCG 049-033, 3C273, 3C48,...), а также к компактным “молодым” радиоисточникам с размерами $< \sim 10$ кпс (HFP, GPS, CSS, CSO). На длинных волнах возможно обнаружатся более протяженные реликтовые радиоструктуры по аналогии с найденными структурами вблизи пары радиотихих QSS (*Blundell, Rawlings, 2001*).
- Гигантские радиоисточники позволяют исследовать свойства межгалактической среды, а также давать вклад в мелкомасштабную (‘) анизотропию CMB за счет ZS эффекта на релятивистских электронах в протяженных радиоструктурах ($dT/T \sim 10^{(-8)}$)

Самый длинный выброс - CGCG 049-033 ($z=0.045$)

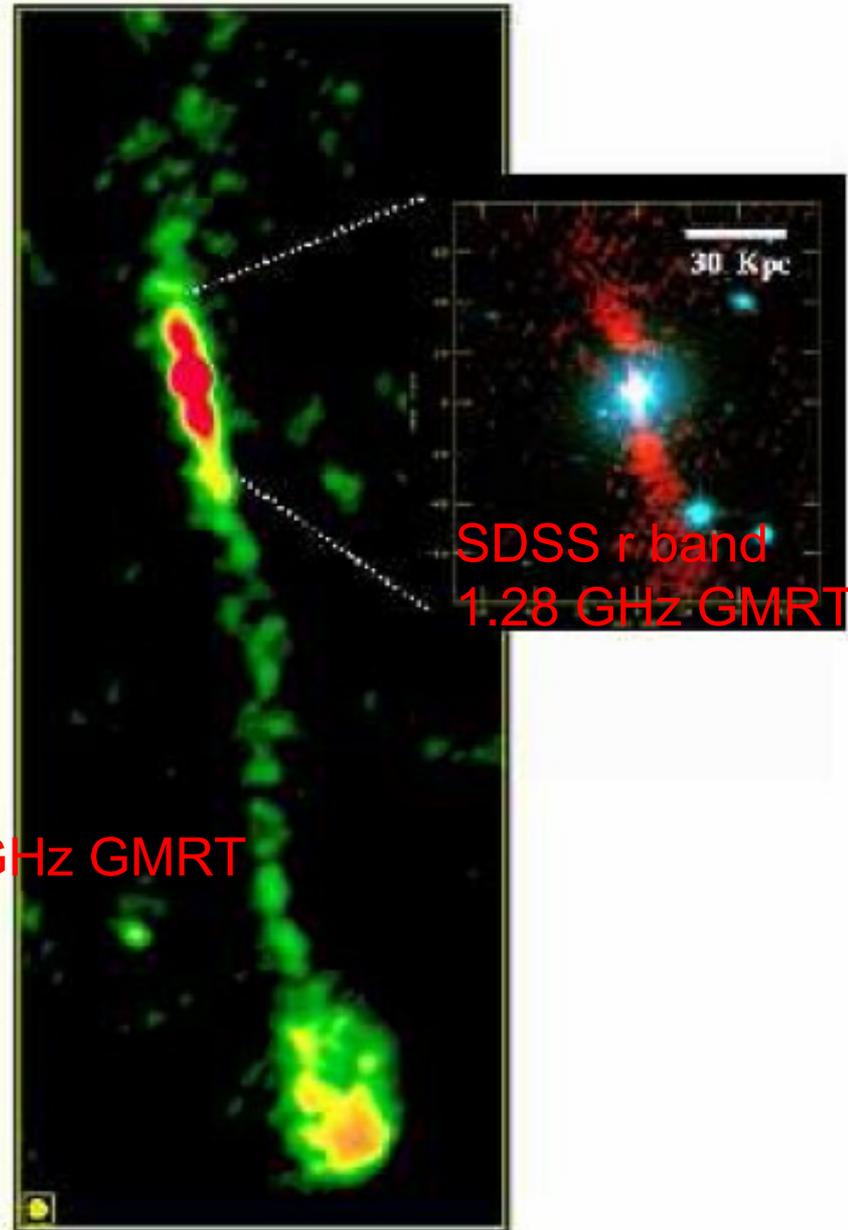
1.1 Мпк от Abell 2040

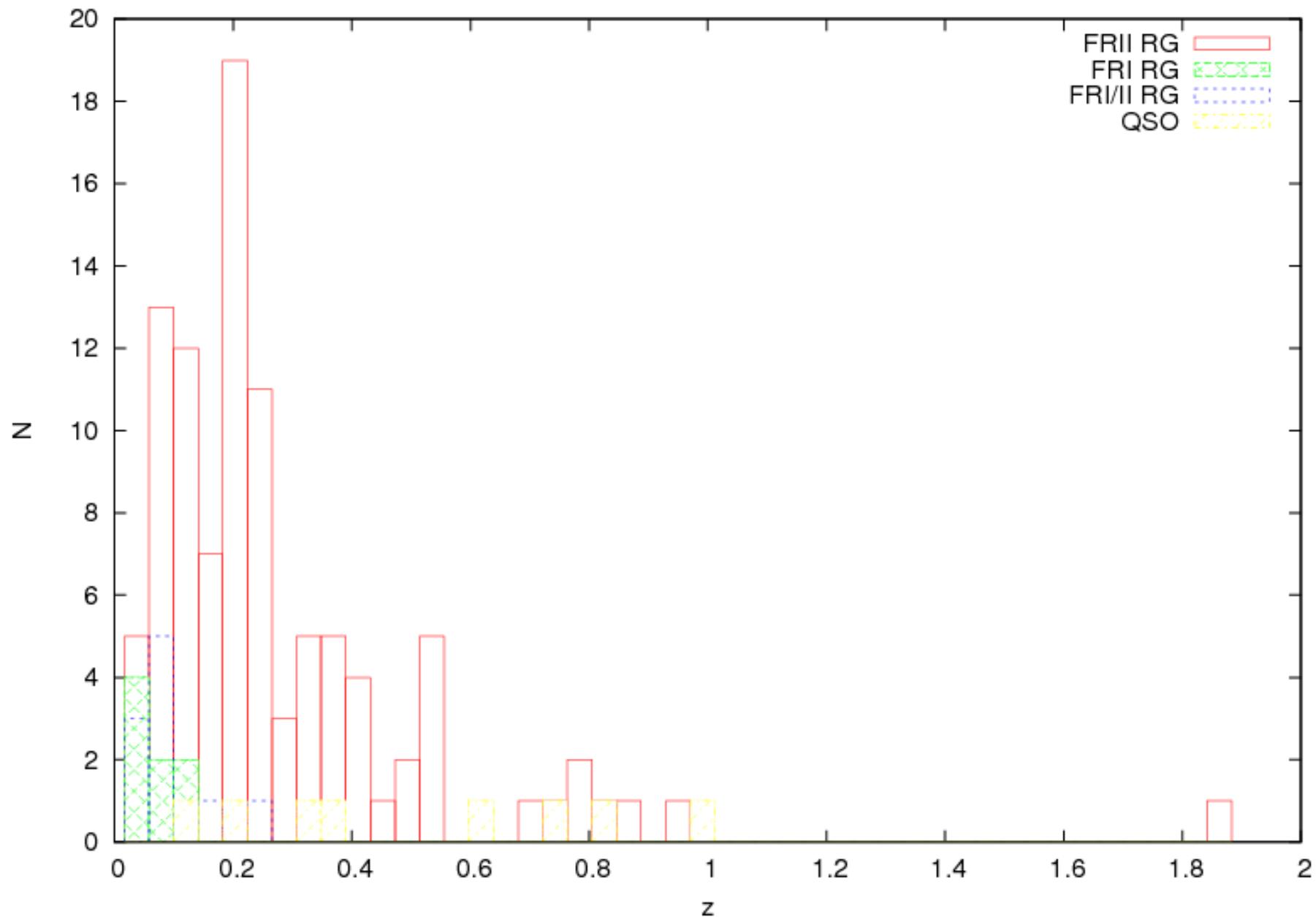


0.5 Мпк

1.28 GHz GMRT

Bagchi et al., 2007





- Fanaroff-Riley, MNRAS, 167, 31, 1974 - - - FR дихотомия
- Ishwara-Chandra, Saikia, MNRAS, 309, 1999 - - - первая значительная компиляция gRGs
- Lara, Giovannini, Cotton et al., astro-ph/0404373v1
- Willis, Strom, Wilson, Nature, 250, 625, 1974 - - - открытие gRGs
- Hine, Longair, MNRAS, 188, 1979
- Lara, Marquez, Cotton et al., astro-ph/0109188
- Machalski, Jamrozy, Zola, astro-ph/0103155
- Machalski, Jamrozy, Zola, Koziel, astro-ph/0605002
- Schoenmakers, de Bruyn et al., astro-ph/0107309
- Barthel, 1989, ApJ, 336 - - - доля QSSs в 3CRR и унификация
- Willott, Rawlings, Blundell, Lacy, MNRAS, 316, 2000 - - - доля QSSs в 3CRR, 6C, 7C и унификация
- Best, Bailer, Longair, Riley, MNRAS, 275, 1995 - - - анализ асимметрий в 3CRR выборке
- Rudnick, Edgar, ApJ, 279, 1984 - - - gaussian “errors” модель
- Ryle, Longair, MNRAS, 1967, 136 - - - LTT модель
- Rudnick, in IAU Symposium 97, 1982 - - - модель “flip-flop”
- Bahhatti, A&A, 84, 1980 - - - получения рапсделения скоростей в LTT модели
- Saripalli, Patnaik, Porsac, Graham, A&A, 328, 1997 - - - VLBI of DA240
- Saripalli, Gopal-Krishna et al., 1986, A&A, 170
- Prestage, Peacock, 1988, MNRAS, 230
- Hill, Lilly, 1991, ApJ, 367
- Allington-Smith et al., 1993, ApJ, 404
- Lacy, Rawlings, Saunders, Wamer, 1993, MNRAS, 264
- Wan, Daly, 1996, ApJ, 467
- Parma, de Ruiter, Mack et al., A&A, 311, 1996
- Zirbel, ApJ, 476, 1997
- Miller, Owen, Ledlow et al., 1999, AJ, 118
- Sабрахманьян, Сарипалли et al., astro-ph/0801.3901v1
- Peng, Strom, et al., 2004, A&A, 415
- Bagchi, Gopal-Krishna et al., astro-ph/0712.0543
- Colafrancesco, astro-ph/0801.4535v1 - - - SZ эффект на релятивистской плазме выбросов RG
- Blundell, Rawlings, ApJ, 562, 2001 - - - обнаружение крупномасштабного радиовыброса у оптического QSS

спектроскопия ~ 1/2 выборки

окружение gRGs

асимметрии