

**НАБЛЮДЕНИЯ ВЫБОРОК КОМПАКТНЫХ
ИСТОЧНИКОВ МЕТОДОМ МЕЖПЛАНЕТНЫХ
МЕРЦАНИЙ НА 111МГц**

С.А. Тюльбашев

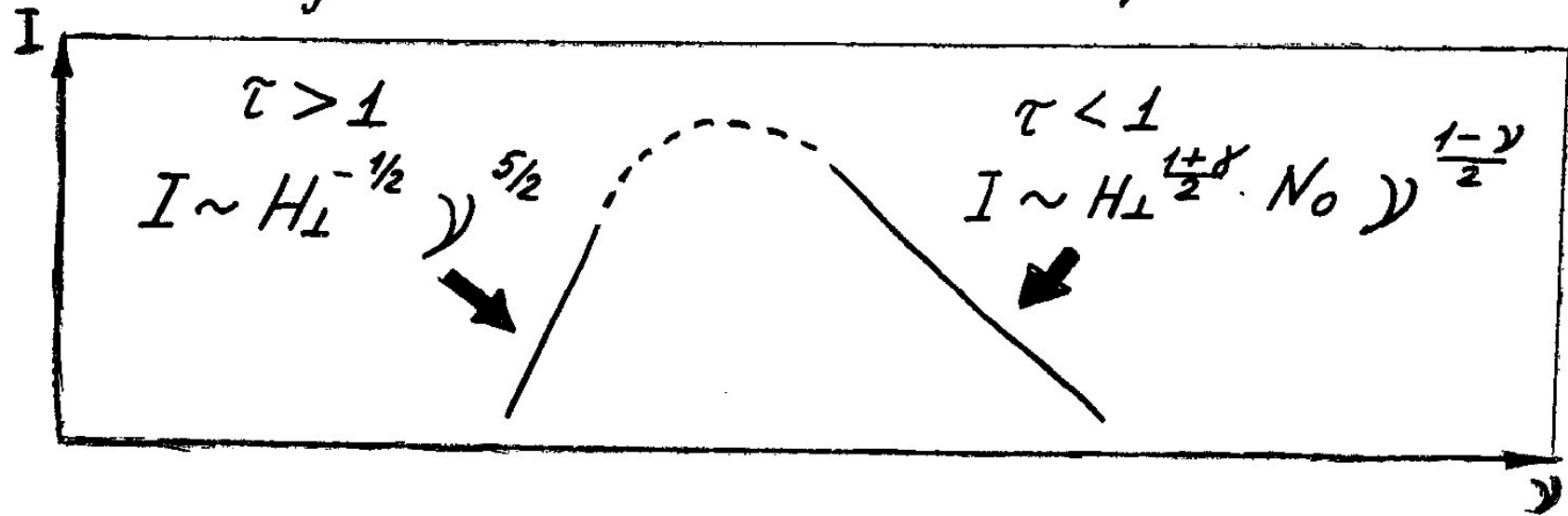
ПРАО АКЦ ФИАН

Вопросы касающиеся физики ядра

- Вопрос об «equipartition»
- Есть ли прямая связь между ЧД и далекими деталями в джете или в пятнах
- Существует ли связь между физ.условиями в ядре и размером источника, или расстоянием от ЧД, или красным смещением
- Отличаются ли физ.условия в квазарах, лацертидах, р/галактиках и т.д.

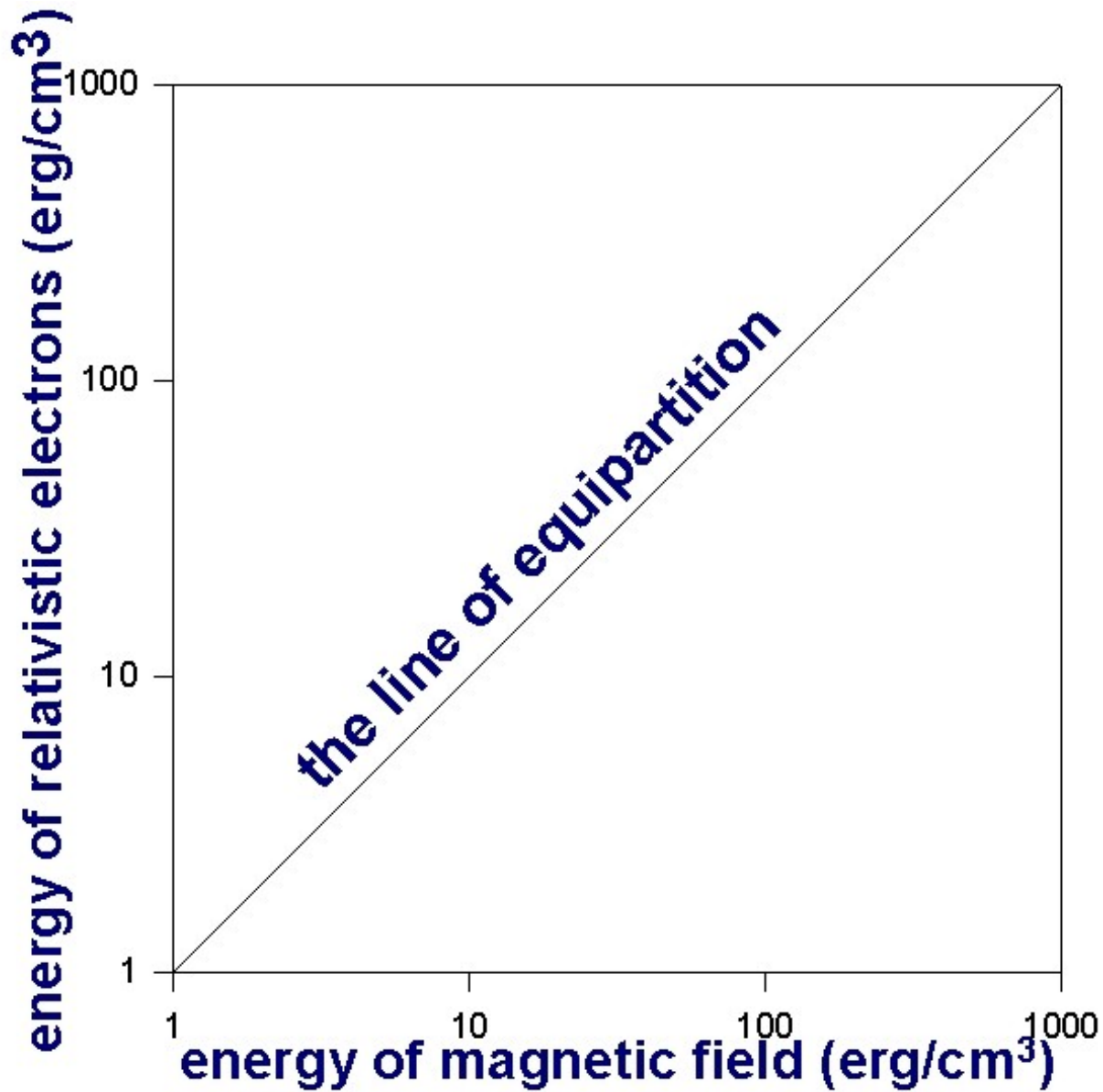
Оценки физических параметров: Слыш 1963, Артюх 1988

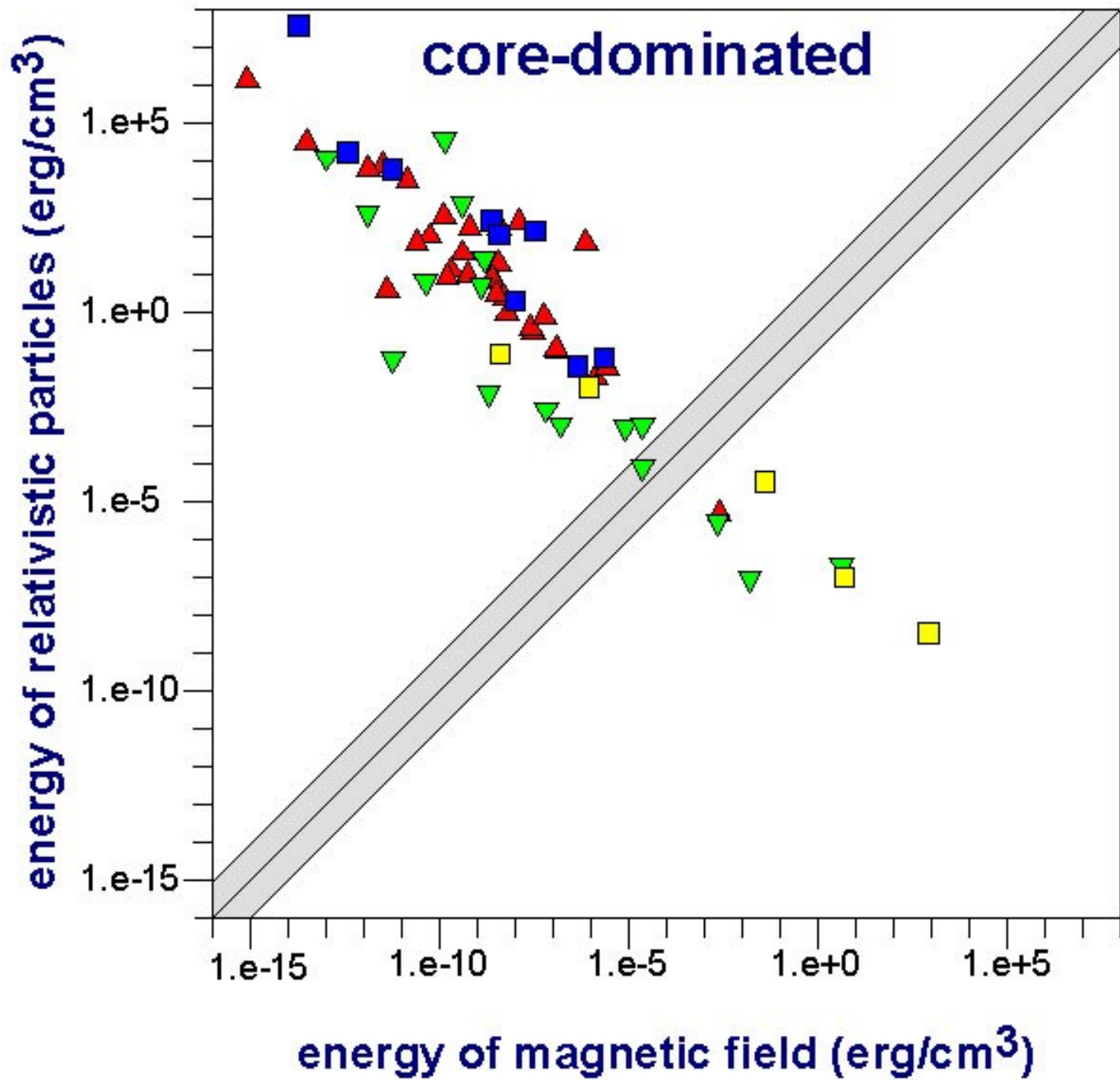
Synchrotron self-absorption.

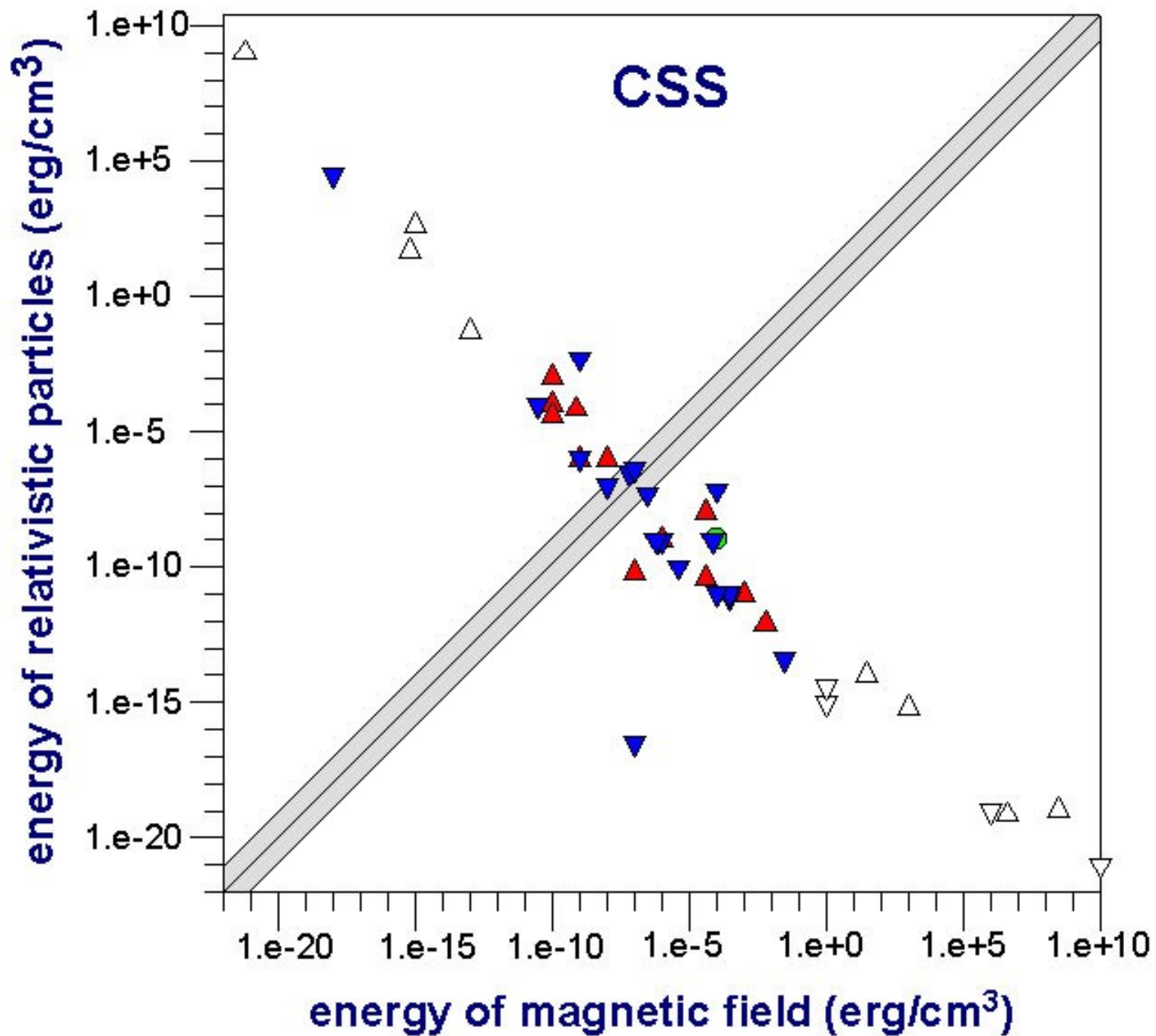


$$H_{\perp} = 2 \cdot 10^{-11} K(\gamma) \nu^5 \Omega^2 S^{-2} (1+z)^{-1}$$

Equipartition







Основные вопросы

- 1) Доказательство синхротронного механизма поглощения излучения;
- 2) Применимость методики к оценке физических условий;
- 3) Точность методики;
- 4) Селекция физических условий;
- 5) Время жизни релятивистских электронов;
- 6) Компоненты, наблюдаемые методом мерцаний и наблюдаемые РСДБ --- разные объекты

Выборки источников

- Источники с сильными ядрами (core-dominated sources)
- Полная выборка Пирсона-Редхида
- Выборка сильных источников с пиком спектра на гигагерцах (GPS источники)
- Выборка компактных симметричных источников (CSO источники)

Выборка источников с сильными ядрами (core-dominated sources)

- 89 источников (70 квазаров и 19 лацертид);
- все имеют VLA карты
- практически у всех есть РСДБ наблюдения с разрешением порядка 1мсек
- большая часть имеет одновременные спектры (наблюдения РАТАН600)

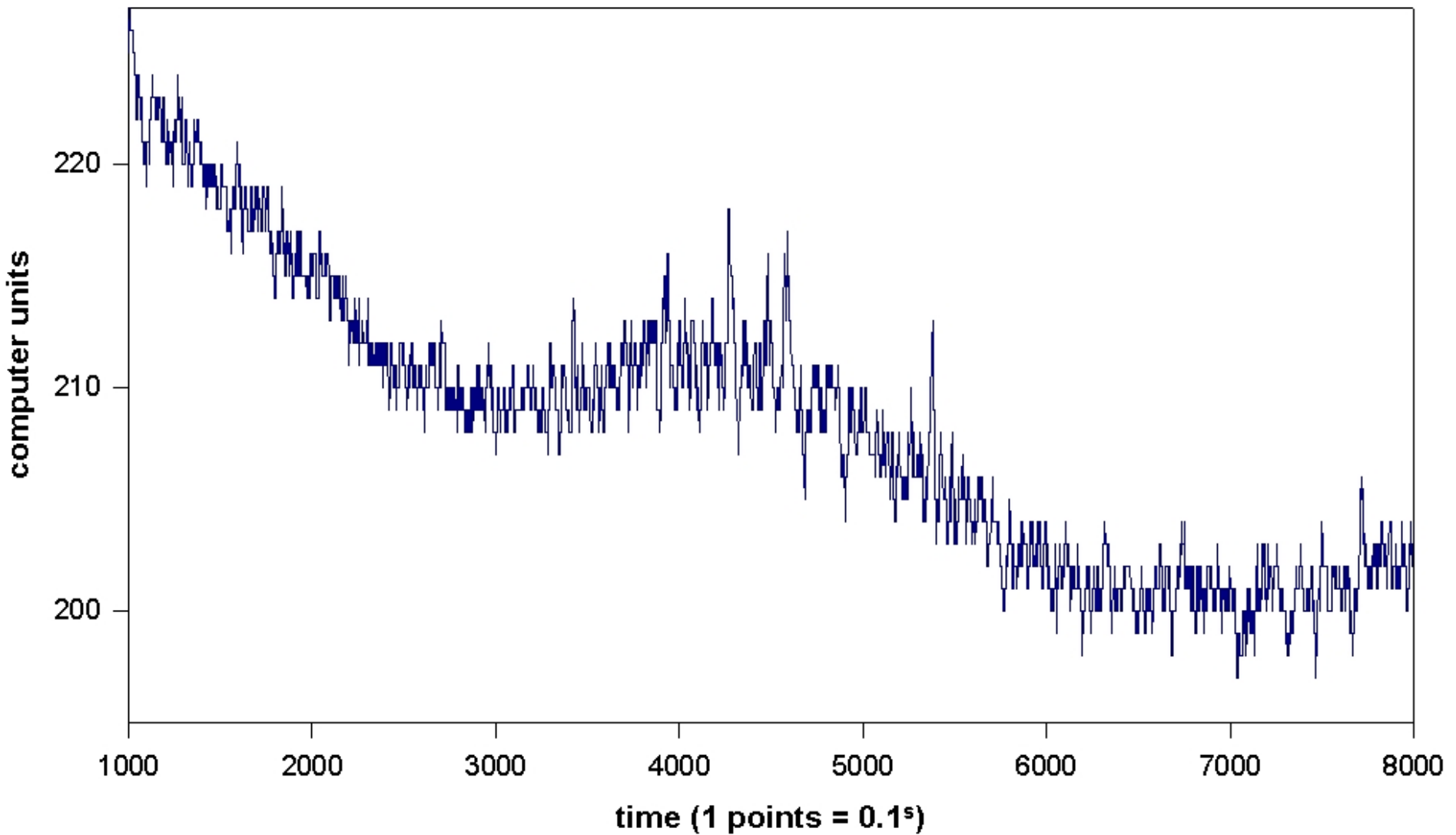
Наблюдения

- БСА ФИАН
- 111МГц, 102.5МГц, $\tau=0.5$ сек, съем 10Гц
- В основном 1999-2000гг, 1996год
- Источники у которых наилучшая элонгация больше 100° не наблюдались
- Количество индивидуальных записей: от 3 до 25

Таблица 1. Оценки плотности потока мерцающих

Название источника	$\Delta S(\text{Ян})$	ϵ	$S(\text{Ян})$	дата
B0106+013(4C+01.02)	0.27	40°	0.46	05.99
B0146+056(OC+079)	≤ 0.25	26°	≤ 0.28	05.99
B0149+218(OC+282)	≤ 0.27	28°	≤ 0.37	05.99
B0202+149(4c+15.05)	1.04	20°	1.07	05.99
	0.65	26°	0.7	05.99
B0202+319	≤ 0.17	24.5°	≤ 0.21	04.99
B0229+131(4C+13.14)	0.38	39°	0.6	06.99
B0234+285(4C+28.07)	0.42	24°	0.44	04.99

2234+282 (5 February 2000)



Оценки интегральных потоков получены для 24 источников

Таблица 2. Оценки интегральной плотности потока некоторых источников.

Название	S(Ян)	Название	S(Ян)	Название	S(Ян)	Название	S(Ян)	Название	S(Ян)
B0202+149	2.9 ± 1	B0923+392	13.7 ± 2.5	B1308+326	3.8 ± 1	B1637+574	4.8 ± 1.5	B2201+315	6.5 ± 2
B0422+004	12.5 ± 2.5	B0945+408	4 ± 1	B1354+195	9 ± 2	B1641+399	19 ± 2	B2251+158	15.5 ± 2
B0707+476	5.8 ± 1	B1040+123	17.8 ± 2	B1538+149	4.2 ± 1	B1642+690	8 ± 1	B2328+107	5.7 ± 1.5
B0748+126	3.5 ± 1	B1055+201	12 ± 2.5	B1548+056	3 ± 1	B1823+568	14 ± 2	B2344+092	5 ± 1.5
B0859+470	5 ± 1.5	B1116+128	4 ± 1	B1624+416	4 ± 1	B1928+738	6.8 ± 1.5		

B0202+149(4C+15.05, NRAO 91)

- 203 ссылки в NED (середина 2006 года)
- 31 статья оставлена для анализа
- 16 статей оставлено для построения спектров

Таблица 3. Наблюдения источника В0202+149 с высоким угловым разрешением.

ν (ГГц)	что наблюдали, метод наблюдений	дата(год)	ссылка
15	ядро; РСДБ	95,96,99,01,02	[38]
15	ядро и джет, РСДБ	02	[48]
8.1;15	пиковые значения на карте; РСДБ	01	[49]
43	ядро и джет; РСДБ	97	[50]
22	пиковые значения на карте; РСДБ	92,93,96	[51]
4.8;8;14.5;22;37	кривые блеска; континуум	85-99	[52]
8.2	ядро и джет; РСДБ	95,96	[52]
43	ядро и джет; РСДБ	95-97	[52]
5	ядро и джет; РСДБ	96	[54]
2.32;8.55	ядро и джет; РСДБ	97	[55]
86	поток в карте; РСДБ	95-96	[53]
2;8;	ядро и джет; РСДБ	89,91,93-96	[56]
22	компактная деталь; интерферометр	93	[57]
1.67	ядро и джет; РСДБ	80,81,87	[58]
0.102	компактная деталь; IPS	84-86	[60]
2.3;8.4	компактная деталь; интерферометр	81-84	[59]
0.327	компактная деталь; IPS	81-82	[61]
5	компактная деталь; интерферометр	78-79	[62]

Таблица 4. Данные по спектрам компактных компонент

ν (ГГц)	S (мЯн)	θ (мсек)	r (мсек)	α	дата
5	1989	$0.43 \times 0.1[38]$	0.215	0.21	96-97ГГ
8	1955	$0.285 \times 0.16[38, 56]$	0.14	0.9	95
2	500	$0.24 \times 0.11[54, 56]$	5	1.2	96

Завалы спектров.

Общий итог:

77 компактных деталей имеют однозначный завал в спектре.

Это, как правило, ядра, но есть и оценки для джетов.

Тепловое поглощение синхротронного излучения

- Оценка по стандартной формуле

$$n_e = \sqrt{\frac{T^{1.35}}{l}} \times \frac{\nu}{0.3}$$

Средняя плотность тепловых электронов
 $\sim 10^4$ частиц в см³

Выборка Пирсона-Редхида

- Полная выборка из 51 источника с плотностью потока больше $1.3 \text{ Ян на } 5 \text{ ГГц}$
- Наблюдения как и у core-dominated ИСТОЧНИКОВ

Таблица 1. Оценки плотностей потоков исследованных источников и их компактности.

Название источника		$\Delta S(\text{Ян})$	ϵ	$S_{\text{мерц.}}(\text{Ян})$	$S_{\text{инт.}}(\text{Ян})$	дата	R_{111}	R_{5000}
B0016+731	Q	≤ 0.27	60°	≤ 0.55	$\leq 3 (1.2)$	05.99	≤ 0.46	0.73[38]
B0040+517(3с 20)	G	1.27	44°	0.9+0.9	100 ± 30	04.99	≤ 0.02	0.23[39]
B0108+388(ос314)	G	≤ 0.12	40°	≤ 0.2	$\leq 1.5(\leq 0.1)$	05.99		
B0133+476(ос457)	Q	0.4	36°	0.65	$1.6 \pm 0.4(1.5)$	05.99	0.41	0.43[38]
B0153+744	Q	≤ 0.13	58°	≤ 0.24	$\leq 3 (0.35)$	06.99	≤ 0.69	0.99[38]
B0212+735	Q	≤ 0.15	56°	≤ 0.28	$\leq 3 (1.2)$	05.99	≤ 0.23	1.0[38]

Результаты наблюдений

- Всего наблюдалось 32 источника
- Мерцания зарегистрированы у 12 источников
- Оценка интегральной плотности потока сделана для 18 источников

- 1) На низких частотах роль гало выше, чем на высоких частотах
- 2) Большая часть компактных компонент имеет завалы спектра
- 3) Компактные компоненты не обнаруживаются в большей части исследованных источников. Значит вклад компонент слабых на высоких частотах и имеющих крутые спектры и угловые размеры порядка 100мсек незначителен

Выборка сильных GPS ИСТОЧНИКОВ

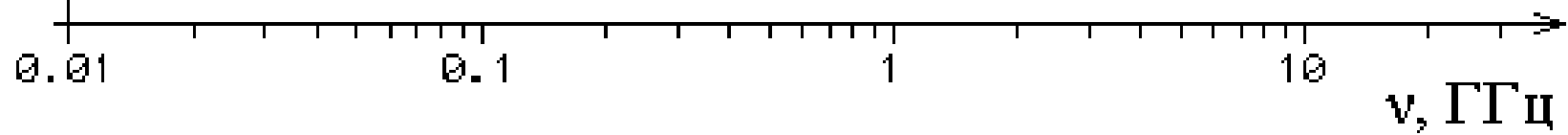
- Всего 53 GPS источника (плотность потока в максимуме около 1Ян)
- Наблюдения как и у core-dominated ИСТОЧНИКОВ
- Мерцания зарегистрированы у 6 ИСТОЧНИКОВ

Таблица 3. Вклад гало в интегральную плотность потока.

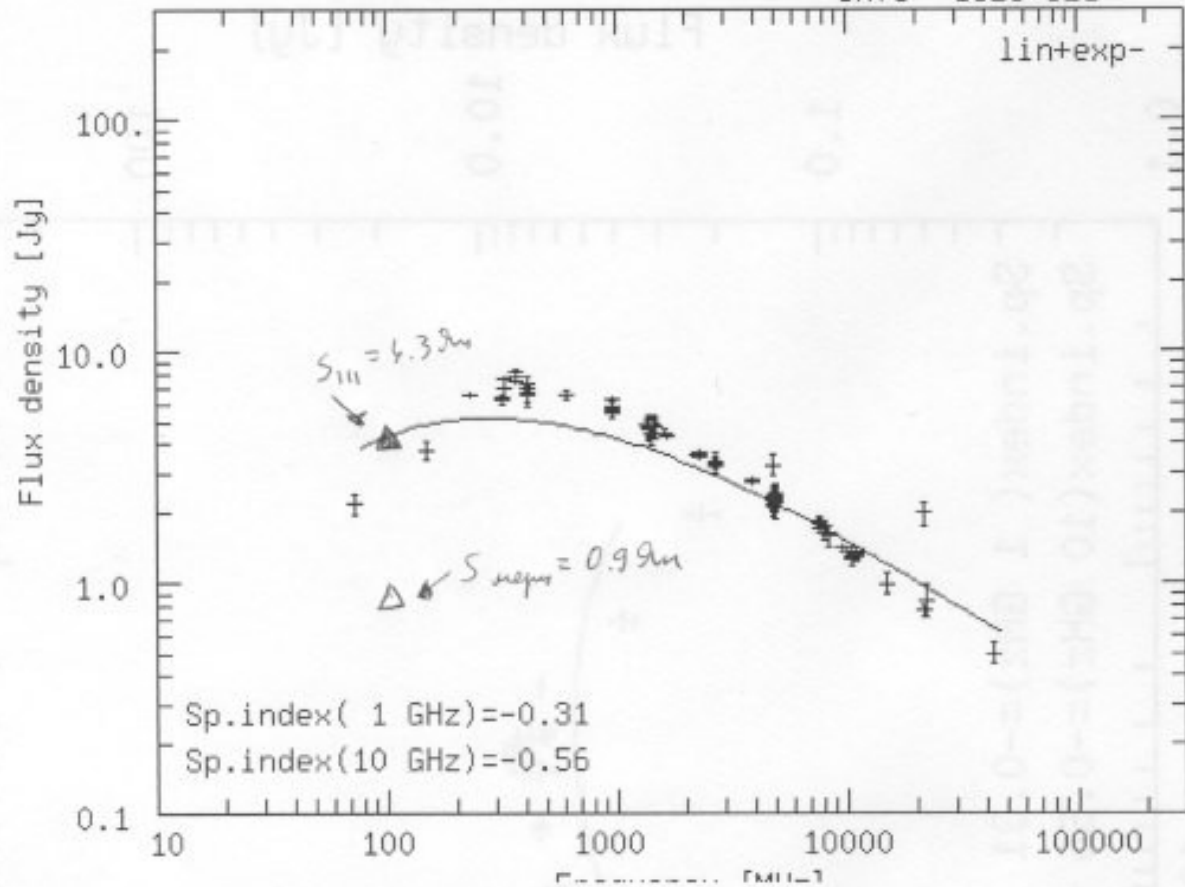
Источник	$S_{\text{мерц.}} (\text{Ян})$	$S_{\text{инт.}} (\text{Ян})$	R	α_1	α_2
0231+183	≤ 0.4	0.95	≤ 0.42	+0.6	-
0316+161	3.3	6?	0.55?	-	$\simeq -1.1$
0904+039	≤ 0.33	0.57	≤ 0.6	-0.4	≤ -0.53
0941-080	≤ 0.26	1.2	≤ 0.22	-0.67	≤ -2.1

S, Ян

4C 62.22



lin+exp-



- Вклад гало в интегральную плотность потока является определяющим у 80% GPS источников
- Обнаружено три источника со спектральным индексом в области завала спектра равным -2.5 .

Выборка CSO источников

- Наблюдалось 34 источника
- Наблюдения как и у core-dominated источников
- Мерцания зарегистрированы у трех источников
- Вклад гало в интегральную плотность потока превалирует у 80% источников

Заключение:

- По-видимому, механизм синхротронного самопоглощения более предпочтителен для объяснения завала в спектрах источников
- Для большей части исследованных источников компоненты наблюдаемые на высоких частотах вносят основной вклад в мерцания на низких частотах

Другие выводы:

- Для компактных источников, имеющих ориентацию магнитных силовых линий в направлении на наблюдателя необходимо учитывать угол между истинным направлением джета в пространстве и наблюдателем;
- Если дело обстоит именно таким образом, то для большей части исследованных источников этот угол должен быть порядка одной угловой минуты;
- Угол раскрыва джетов порядка 1 градуса. Даже с учетом анизотропии не получается равномерное распределение полей и частиц в исследованных выборках

Что сделано и какие перспективы

- Гигантские радиогалактики (3 статьи) (4)
- Инфракрасные галактики сверхвысокой светимости (2 статьи) (0)
- CSS источники (4 статьи) (42)
- Слабые GPS источники (1 статья) (14)
- FSS источники (1 статья) (0)
- Источники с быстрой переменностью (1 статья) (2)
- Core-dominated (отправлена в печать) (77)
- Сильные GPS источники (готовится к печати) (20-25)
- Выборка Pearson-Readhead (готовится к печати) (11)
- CSO выборка (наблюдения + поиск литературы)
- Итого: **170-175 оценок**

Глобальная цель:

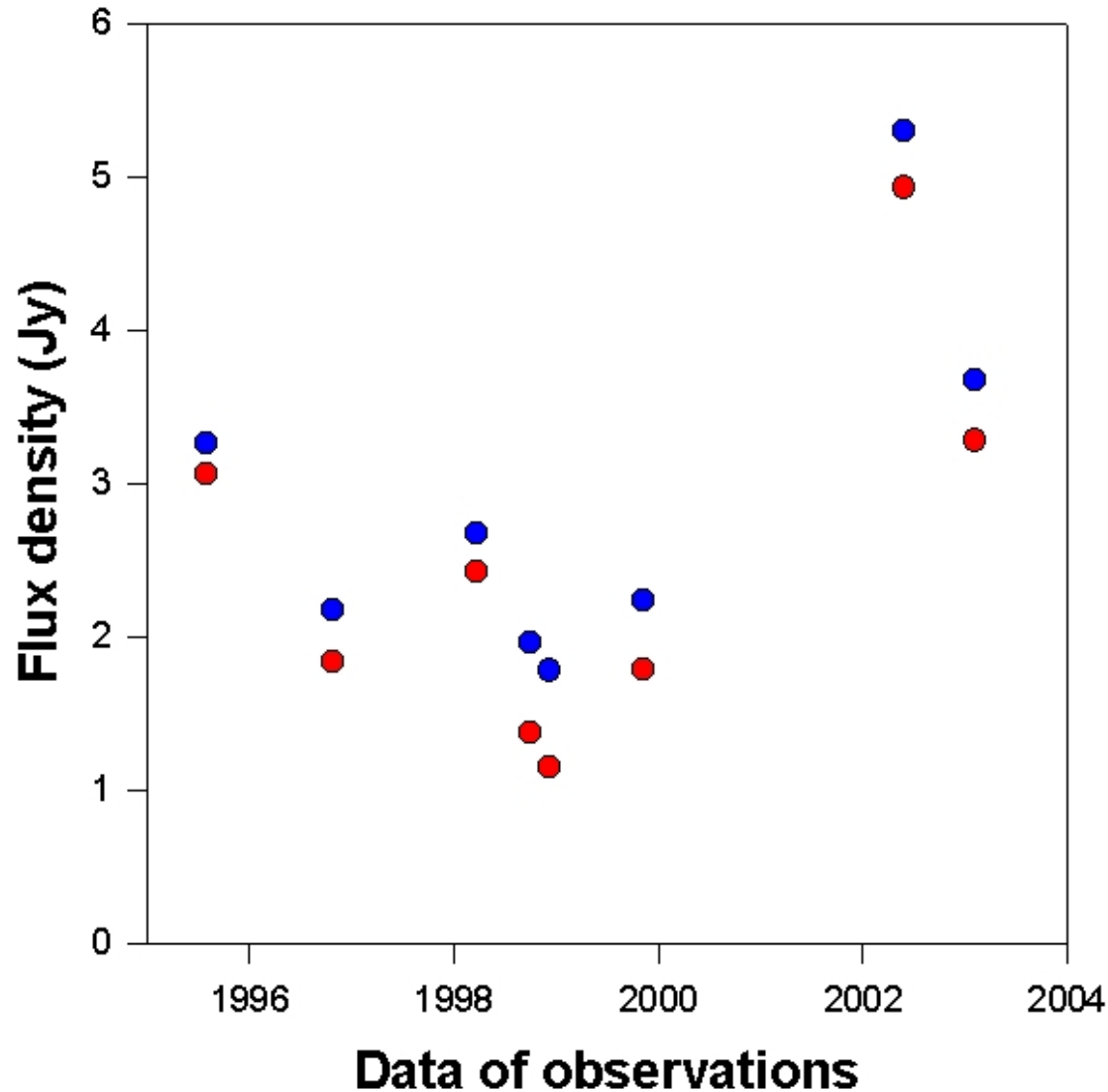
- Физика АЯГ
- Построение унификационной схемы, основанной на физике ядер, а не на геометрии источников

Частная цель данной работы:

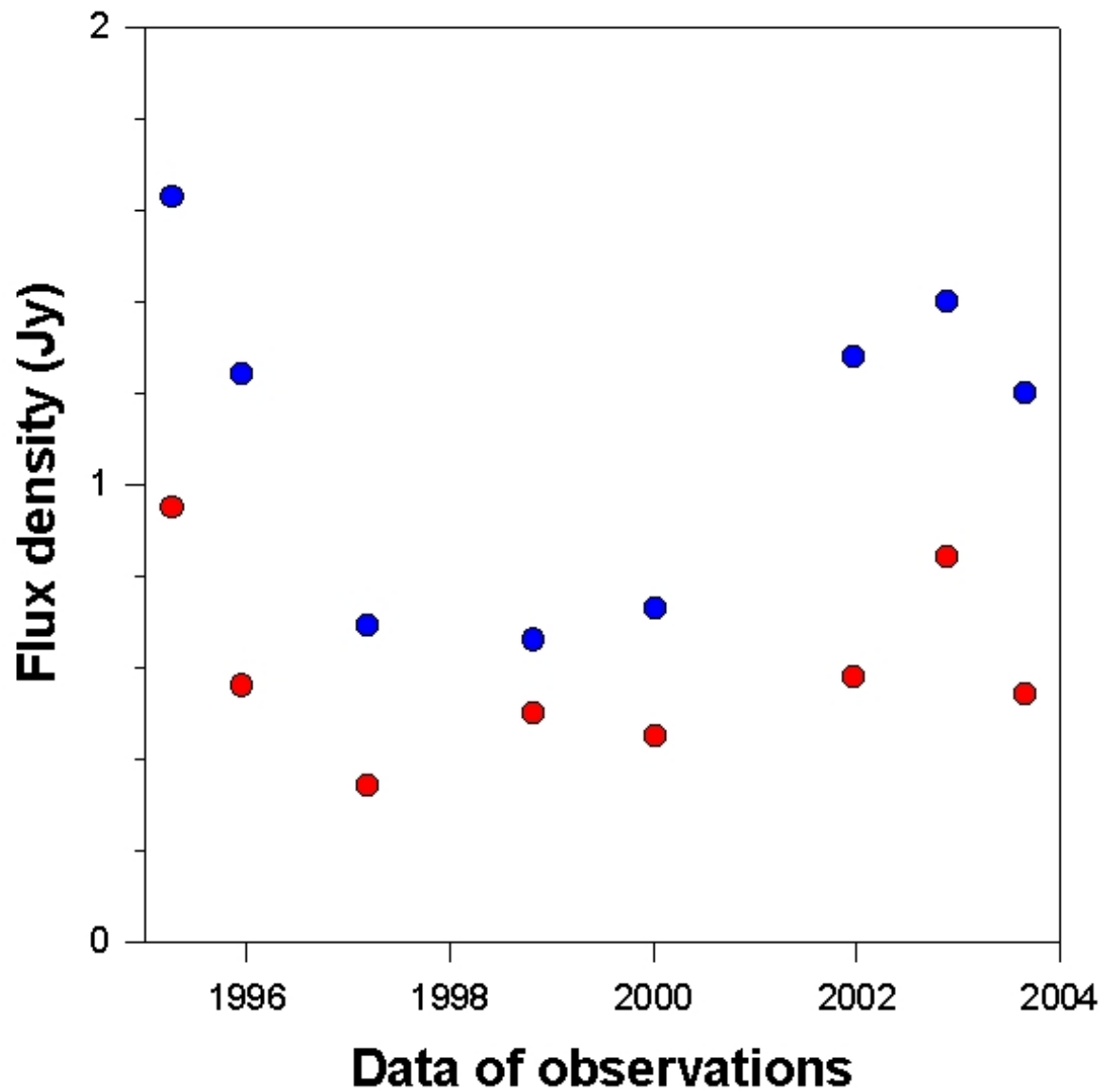
- Проверка гипотезы «equipartition» для нескольких выборок источников

Главная проблема: переменность источников (иллюстрация по данным Ковалев 2005)

B1055+178; **Blue** is S_{VLBI} ; **Red** is S_{core}



B0735+178; **Blue** is S_{VLBI} ; **Red** is S_{core}



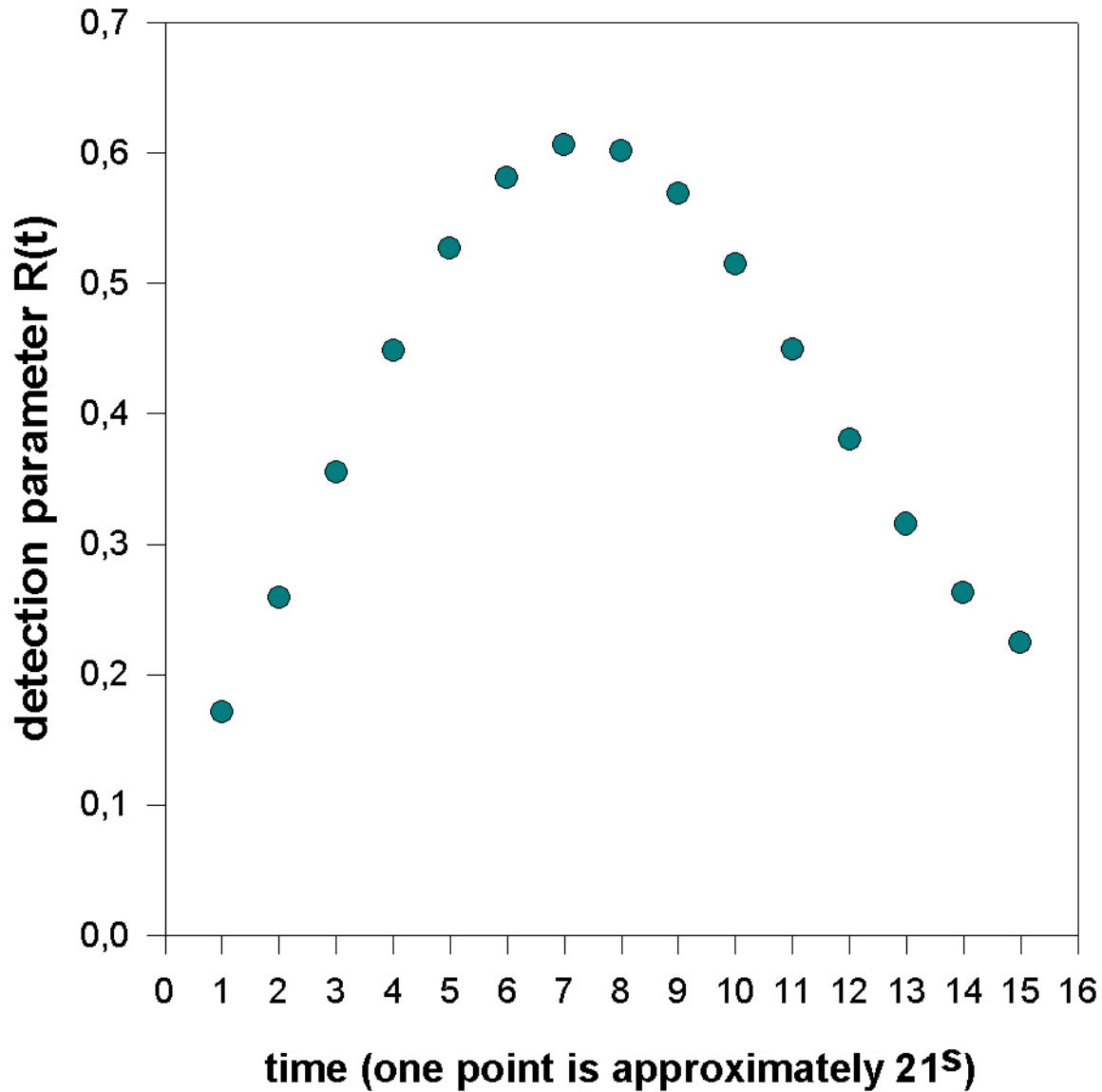
Поправочный коэффициент: Маршер 1983

$$\delta = (T_b/10^{12})^{1/3}$$

$$T_b = 1.22 \times 10^{12} S_\nu^{-2} \theta^{-2} (1 + z)$$

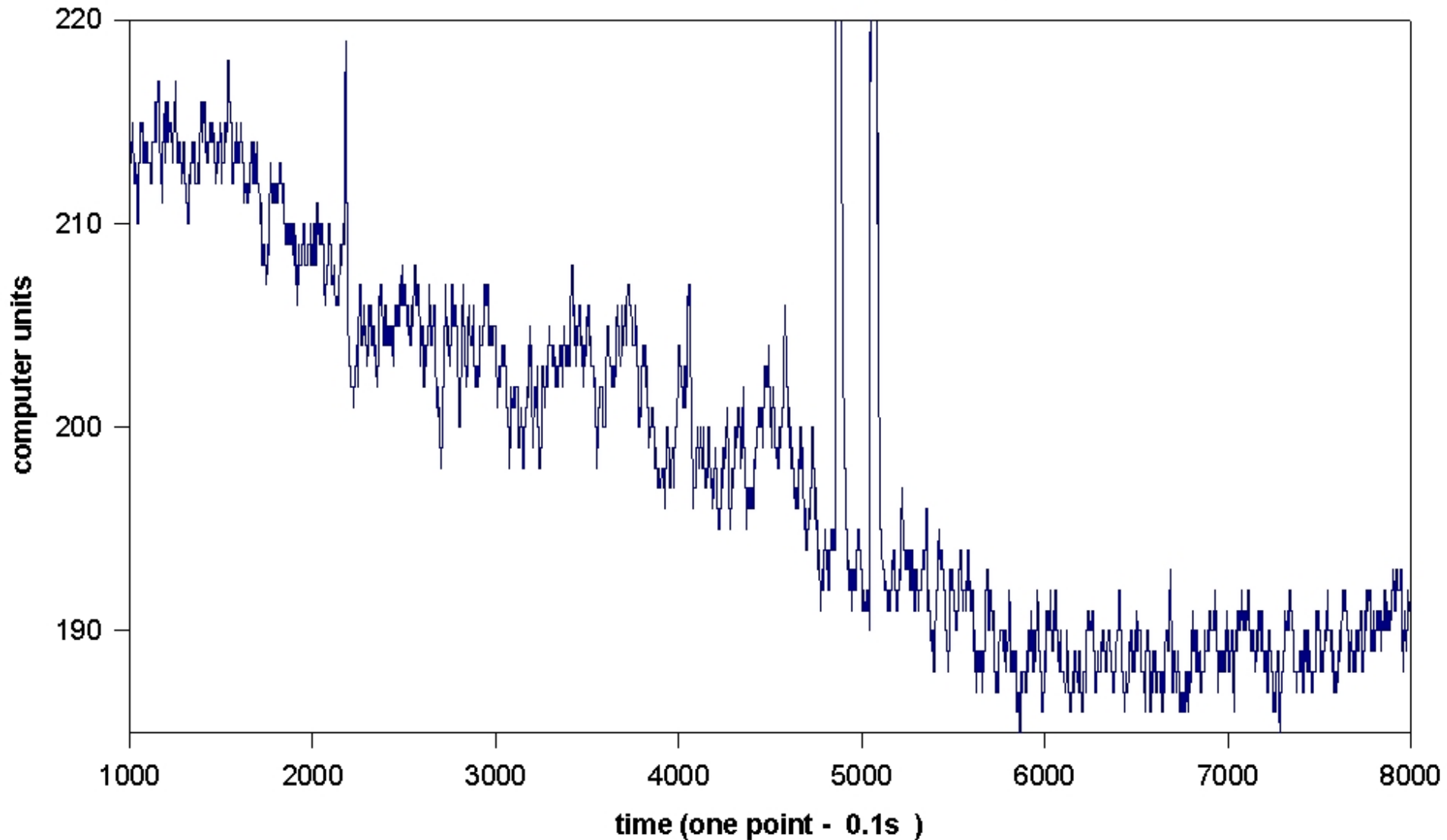
- Поправка δ : Blandford&Konigl 1979
- Температура: обзор Altschuler 1989

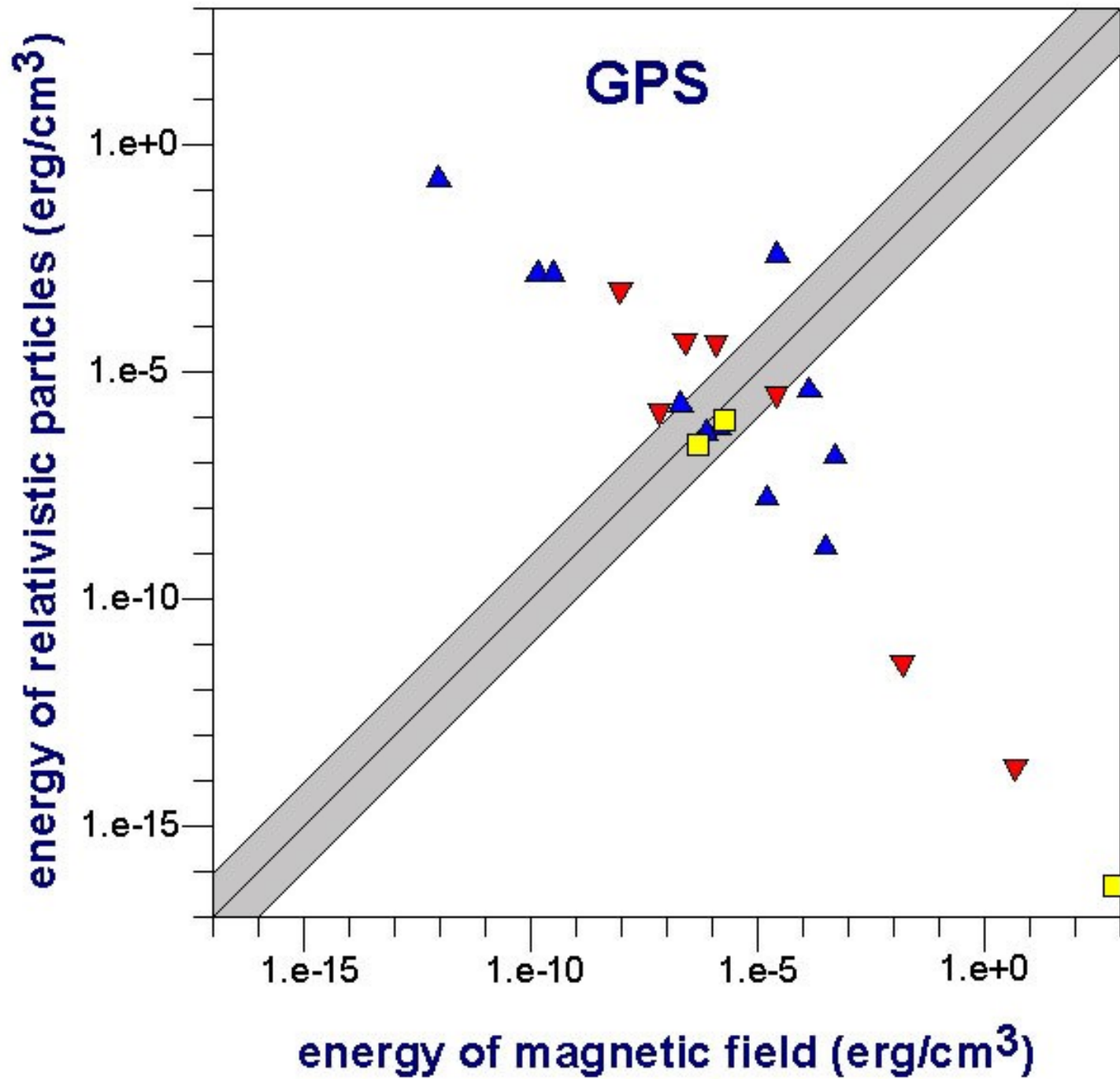
B2234+282 ($R_0=0.11$; $S_{\text{noise}}=0.09\text{Jy}$; $\Delta S=0.11\text{Jy}$; $\text{SNR}=23$)



Пример наблюдений. Слабейший мерцающий источник в выборке.

B2234+282 (4 February 2000)





Завалы спектров.

Общий итог:

77 компактных деталей имеют однозначный завал в спектре.

Это, как правило, ядра, но есть и оценки для джетов.

Наша точка всегда подтверждает

завалы спектра, но практически не используется!!!

Ошибки или реальная зависимость?

- Погрешности в угловых размерах (реальные угловые размеры в 50-100 раз больше) ;
- Тепловое поглощение ($\sim 10^4$ частиц в см^3);
- Несферическая форма источника, неоднородное распределение маг.поля;
- Неправильное определение δ (вполне могут быть отличия в 10 раз, но этого не хватает для объяснения видимой зависимости + CSS имеют ту же зависимость, а у них большие размеры);

Таким образом в разных выборках:

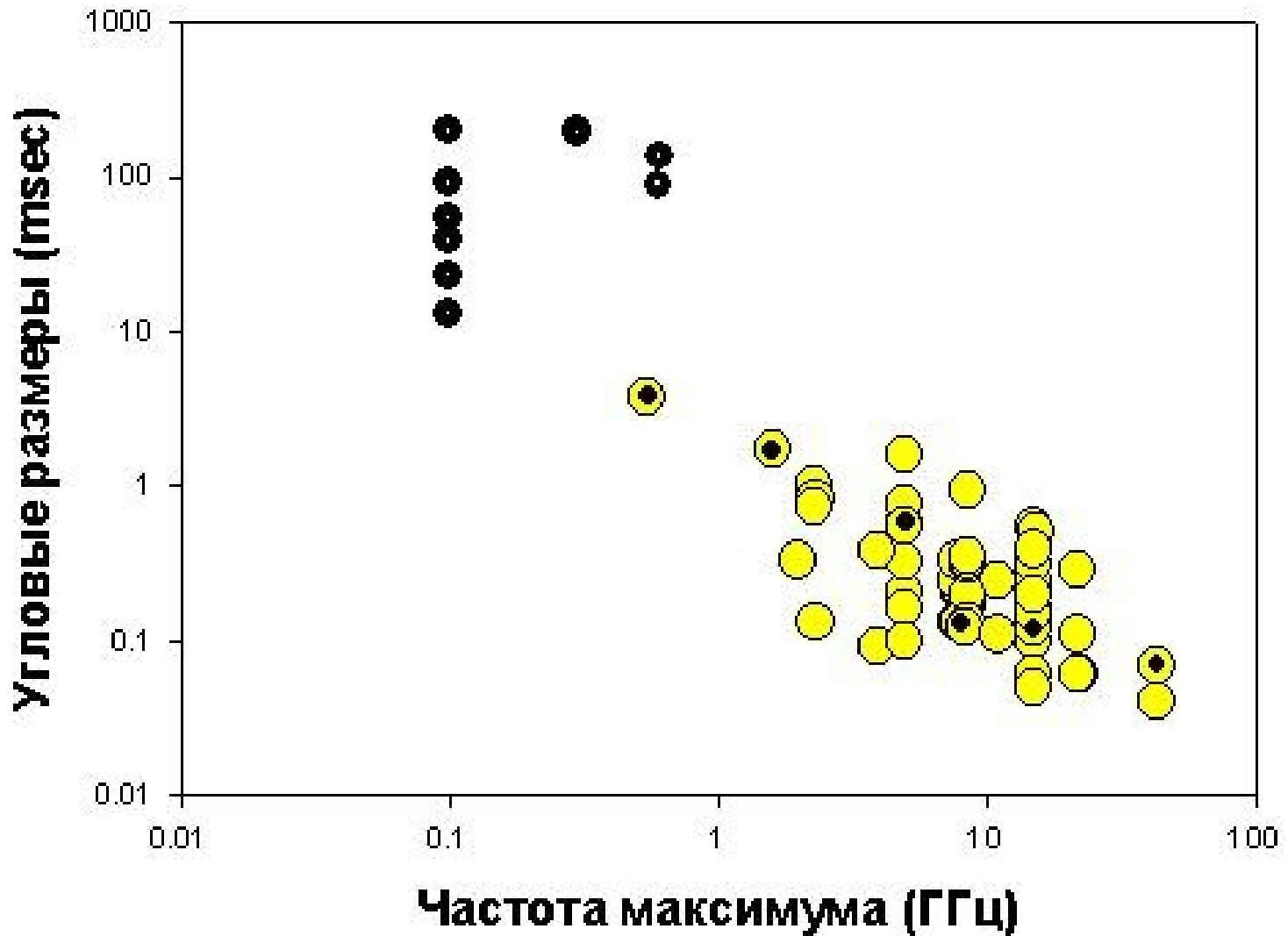
- Размеры компонент меняются от 0.1мсек до 500мсек
- Частота максимума спектра от 43ГГц до 100МГц
- Поток в максимуме спектра от сотни мЯн до десятков Ян
- **Но зависимость остается одной и той же**

Если все правильно, то для c-d:

- Нет равномерного распределения энергии в подавляющей части исследованных компактных компонент источников;
- Энергия магнитного поля обратно пропорциональна энергии релятивистских частиц;
- Энергия релятивистских частиц на много порядков больше энергии магнитного поля (на типичном линейном масштабе от 1 св.г. до 1 пс)

Тюльбашев С.А., Шишов В.И.

Частота против угловых размеров
(верхний угол CSS источники)



Два основных момента:

- 1) соображения о правильности используемой методики;
- 2) о возможном объяснении полученного результата

В основной формуле используются:

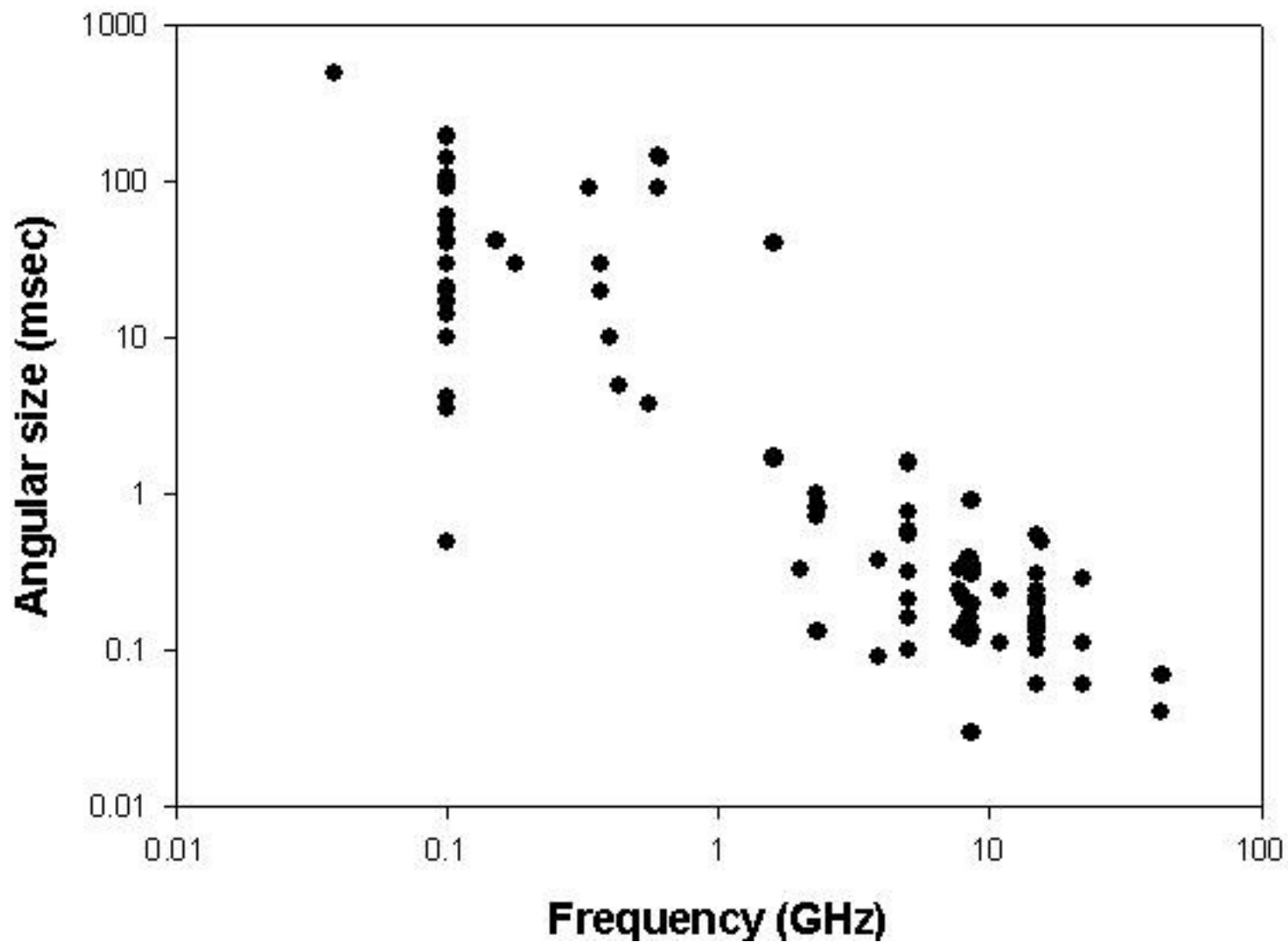
$$v^5$$

$$\theta^4$$

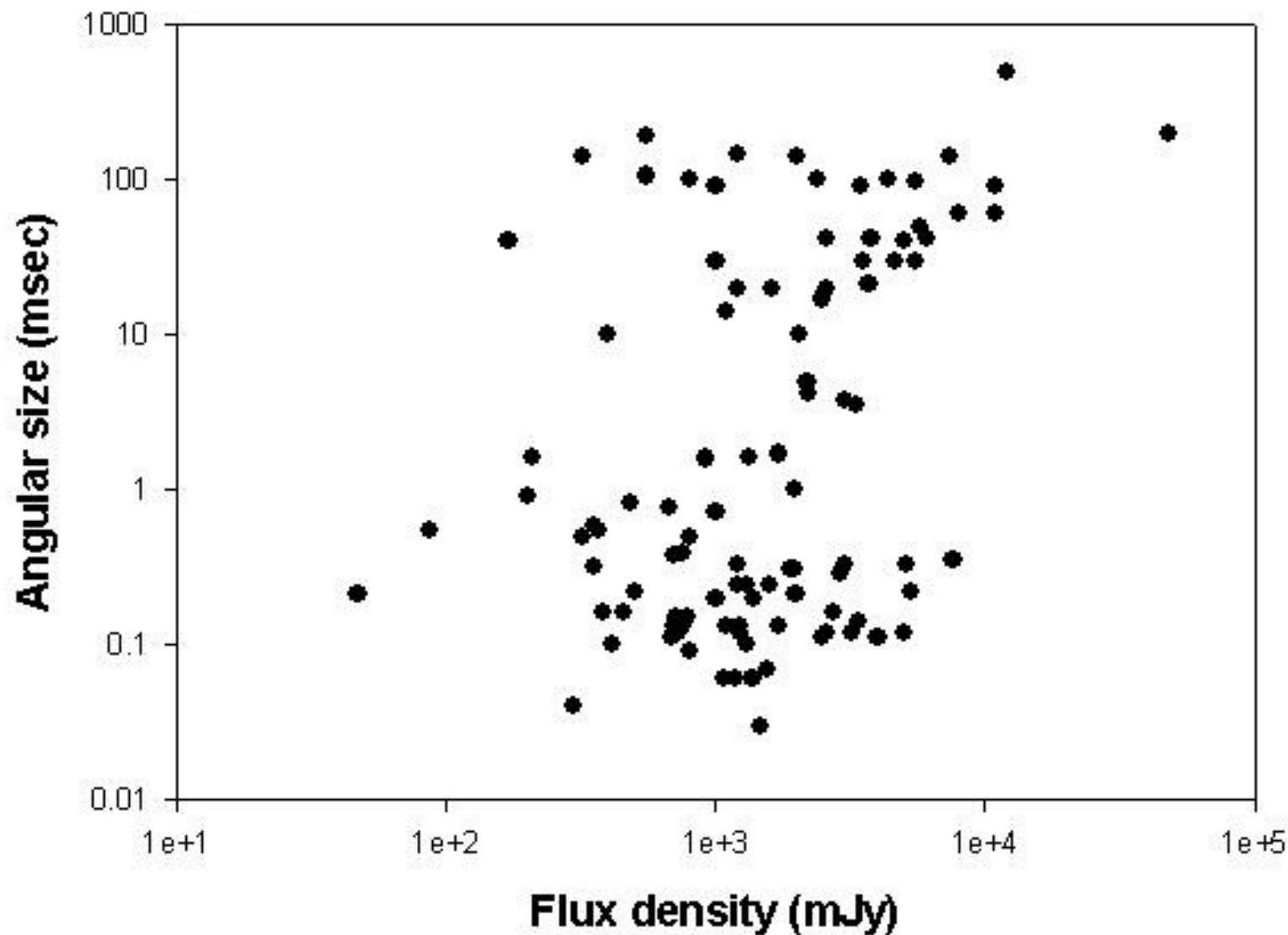
$$S^2$$

если это правильно, то должна быть сильная зависимость между частотой и угловым размером источника, более слабая между частотой и плотностью потока и самая слабая между угловым размером компактной детали и потоком

Зависимость между угловым размером и частотой в максимуме спектра

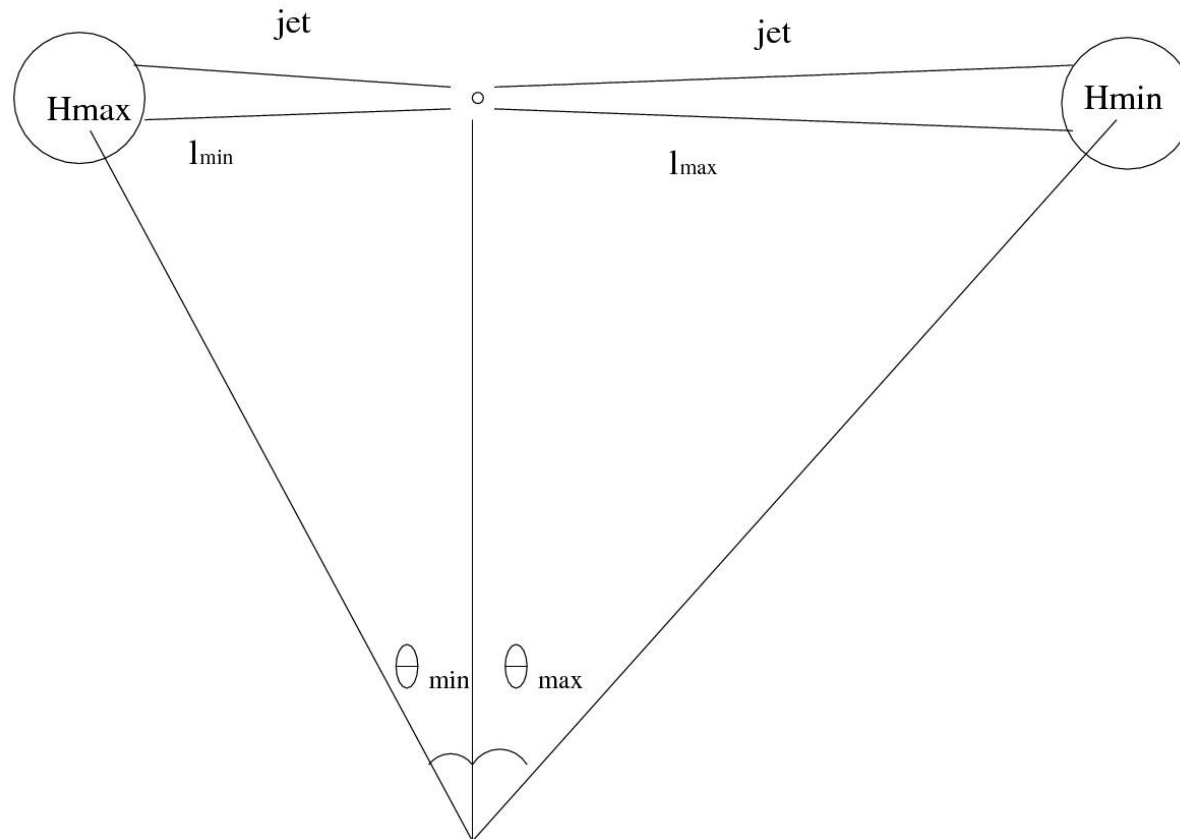


Зависимость между угловым размером и потоком в максимуме спектра



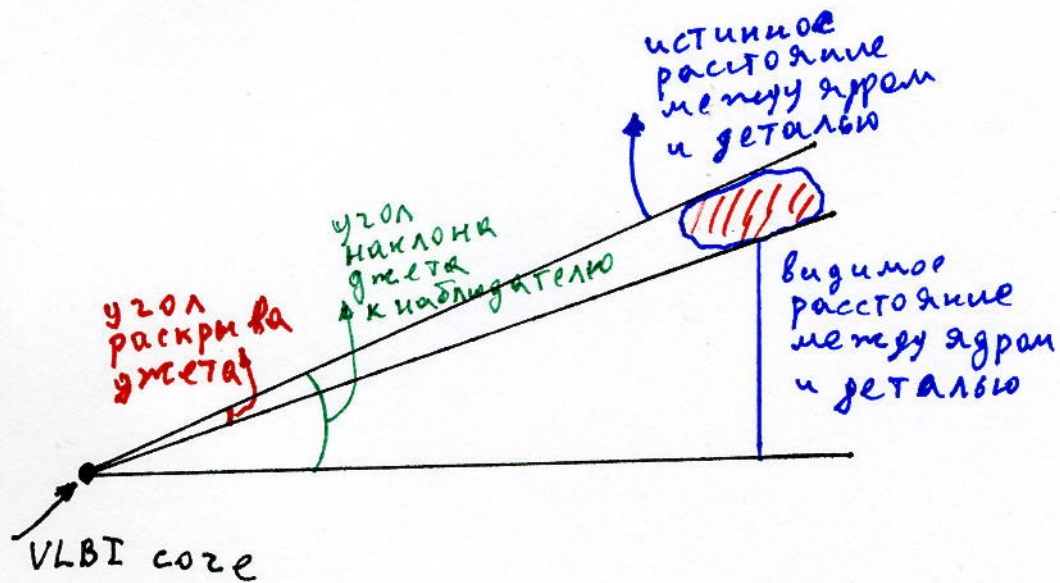
- Чем меньше компактный источник и чем ближе он к центральной машине, тем меньше магнитное поле.
- Это противоречит здравому смыслу!!!

- 1) Теоретики: Маг. поле формируется в центральной машине. Напряженность маг. поля 10^4 Г или больше
- 2) Наблюдения: Lobanov 1998, Tyul'bashev 2002 (поле растет по направлению к центральной машине по закону $1/r^2$ или $1/r^3$)



Анизотропия???

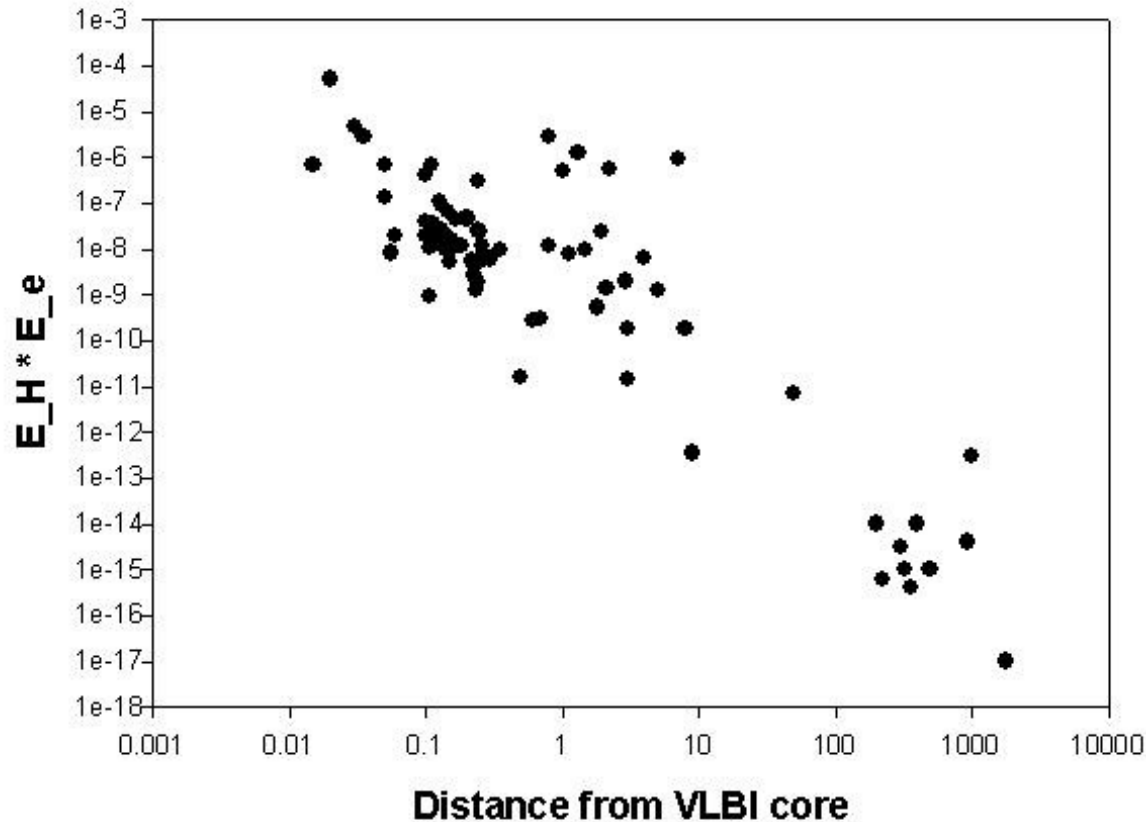
(не должна сказываться на источниках,
лежащих в плоскости неба)



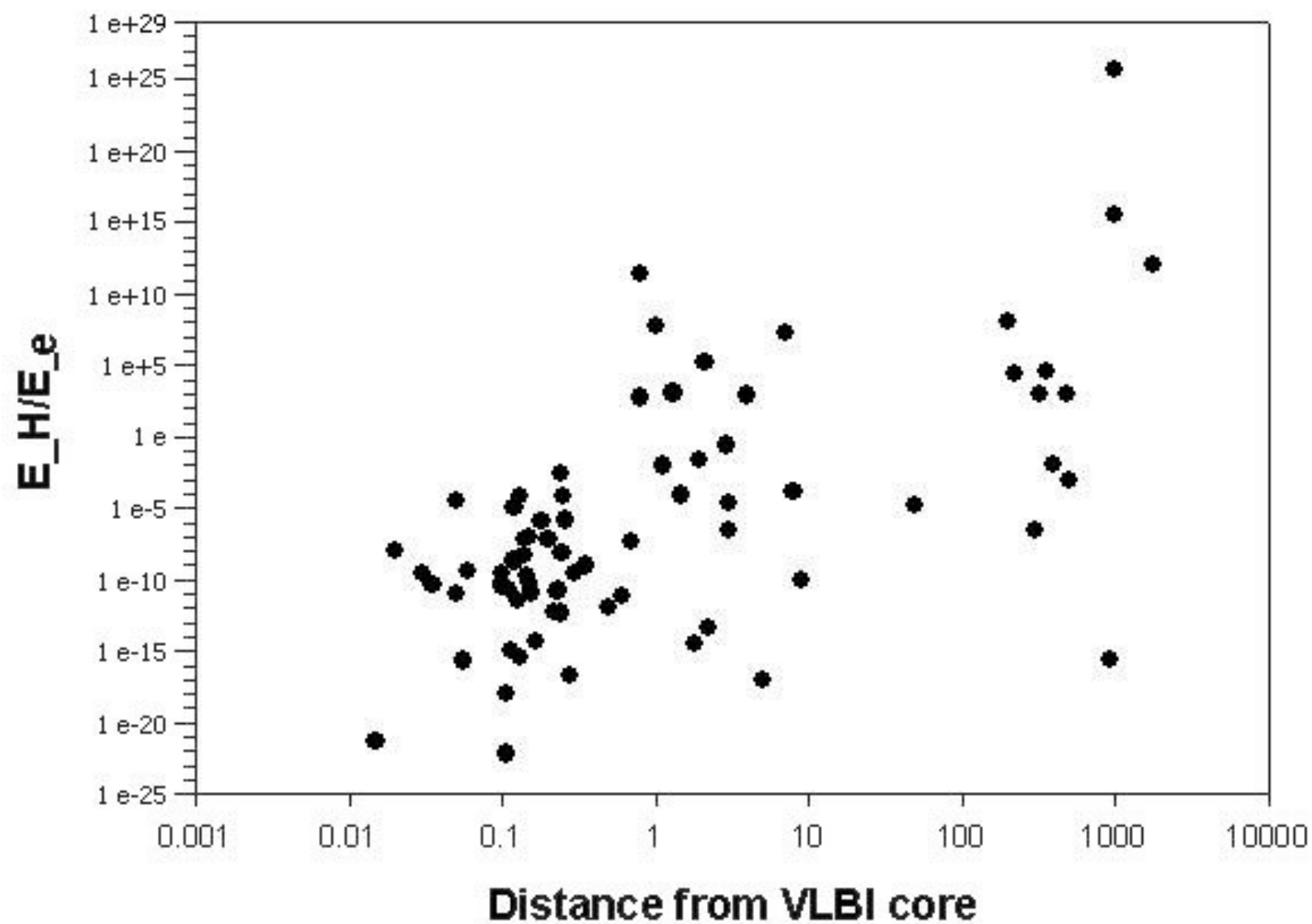
$$H_{\perp} = H \times (\text{угол наклона})$$

Полная энергия в кубическом сантиметре падает с расстояние от ядра. Эффект селекции скомпенсирован. Разброс точек от средней линии характеризует точность методики + индивидуальные физические условия.

Произведение энергий против расстояния от ядра



Частное энергий против расстояния от ядра



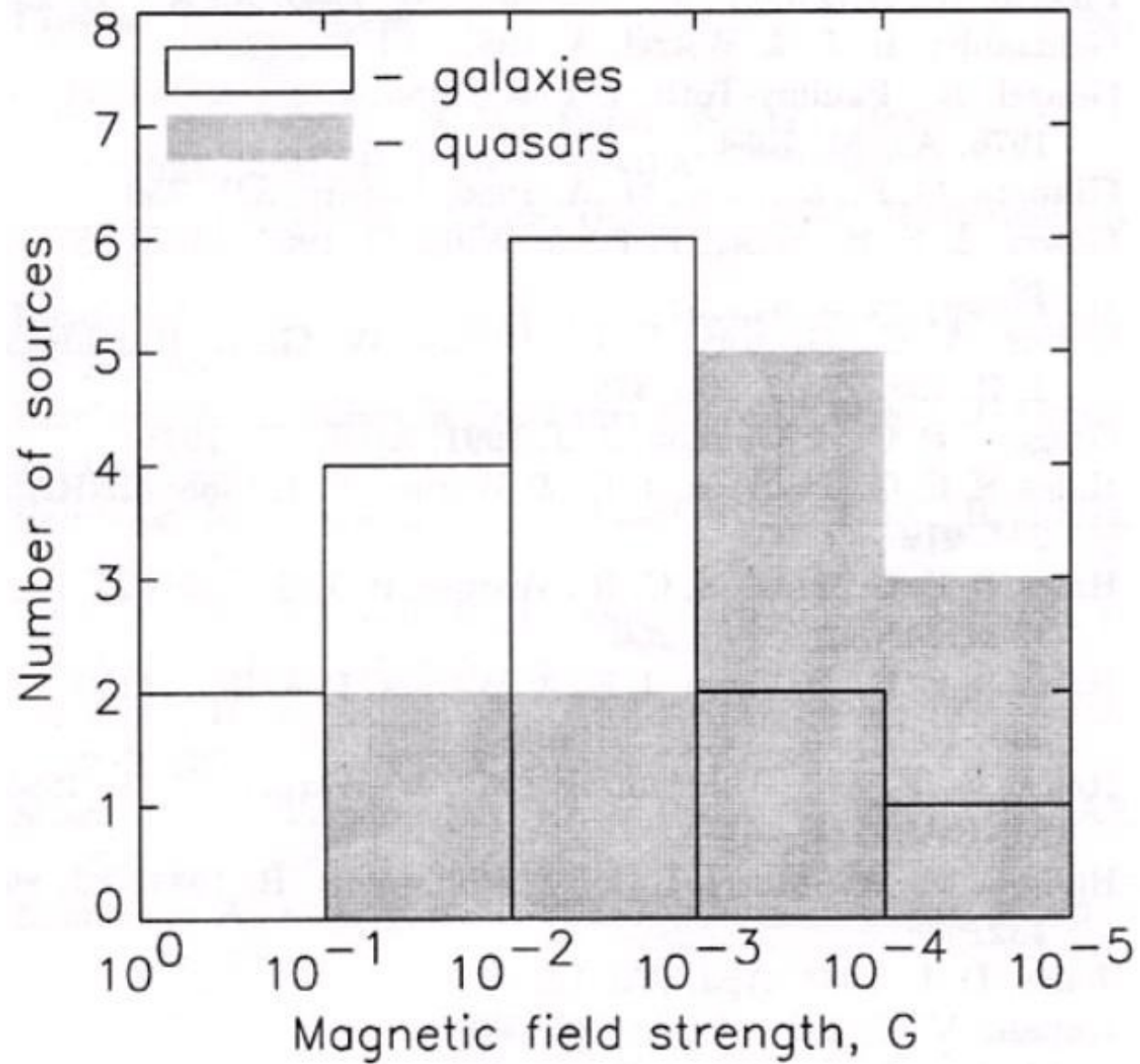
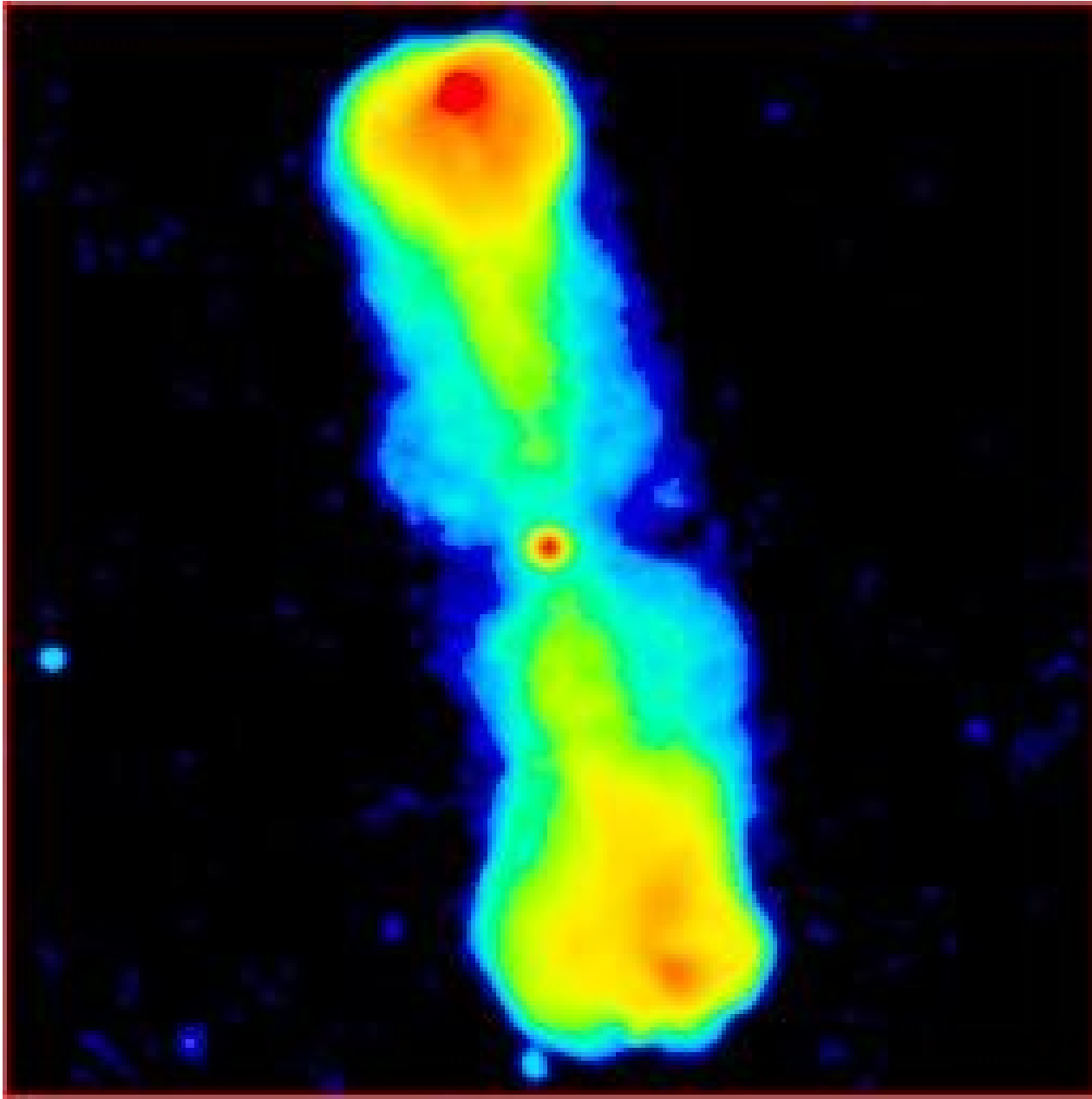
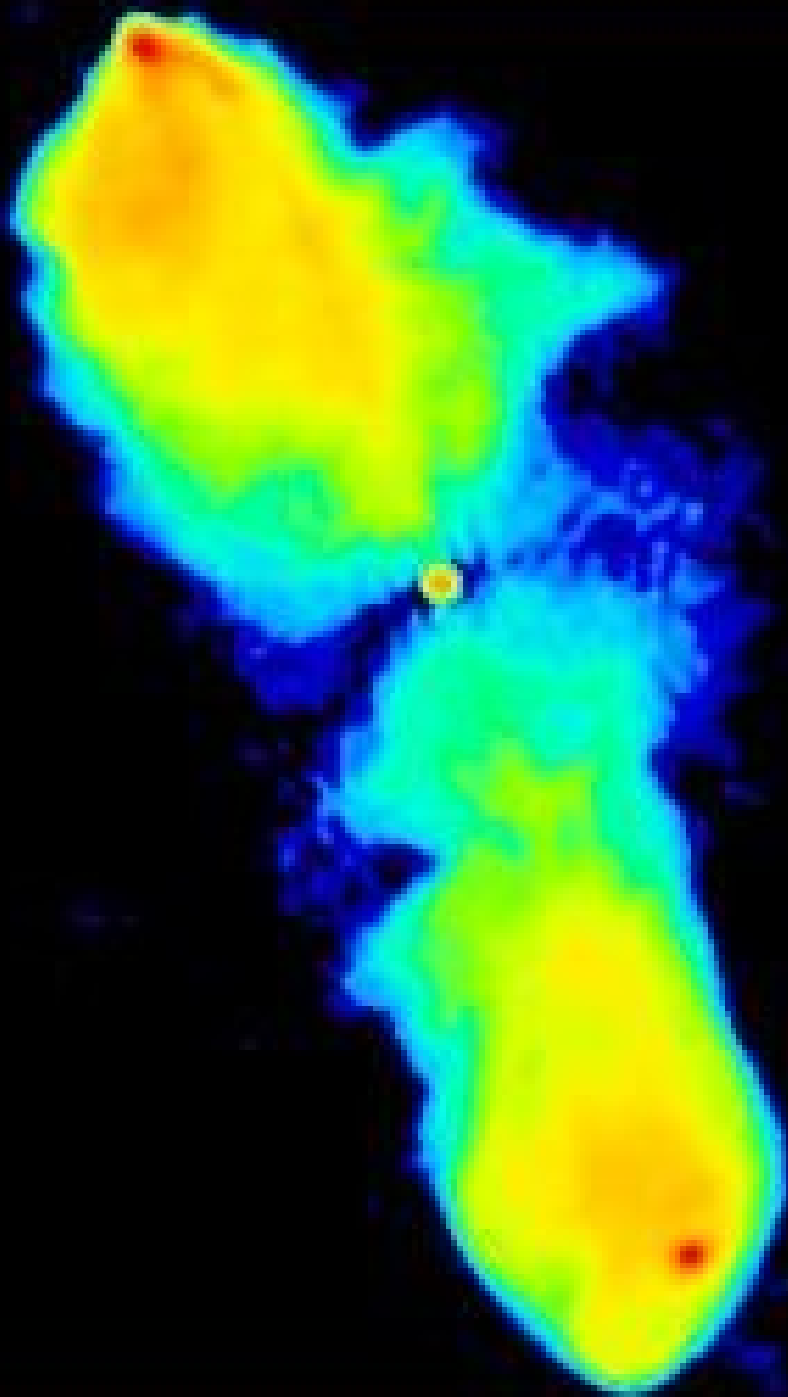


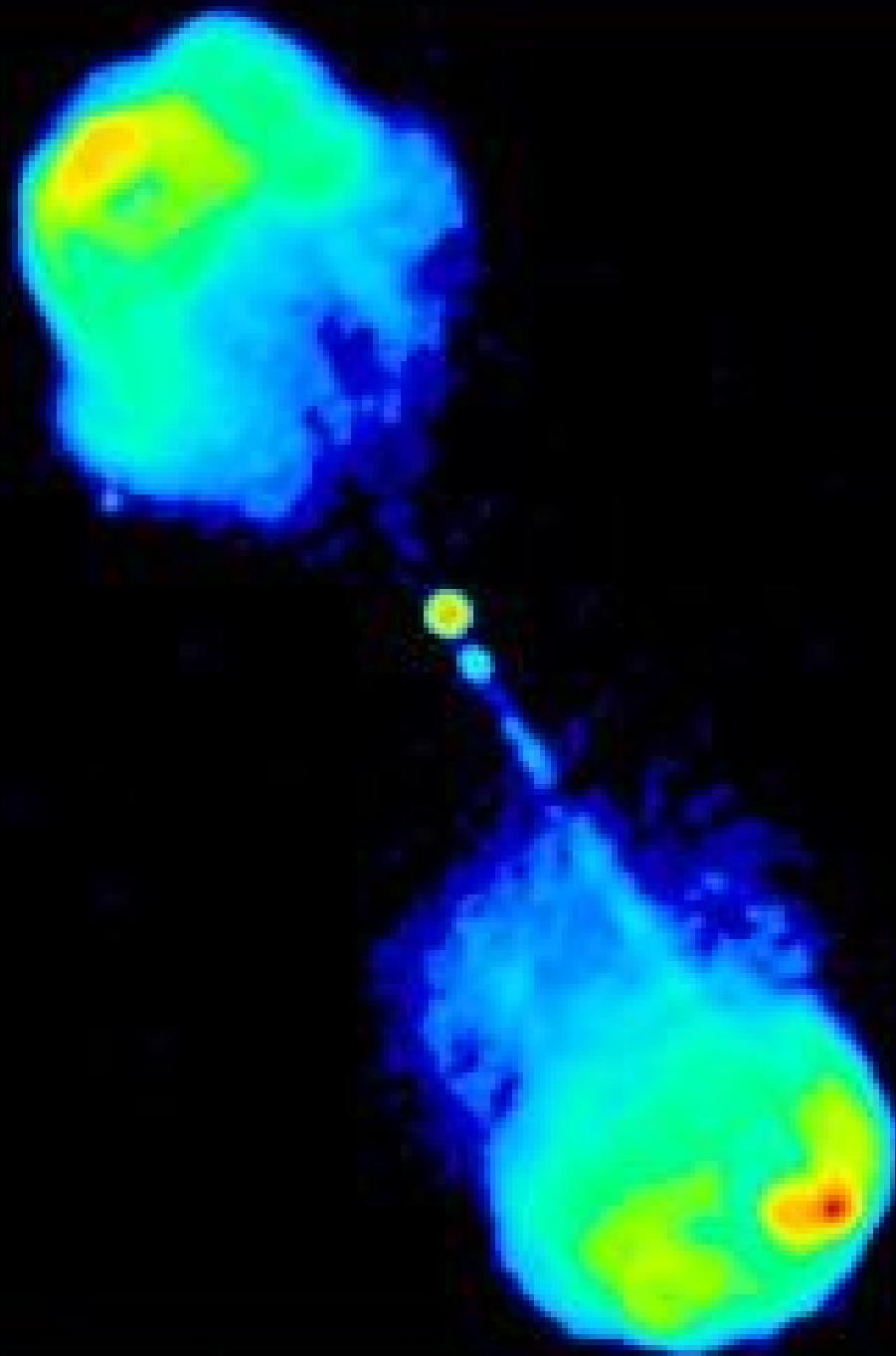
Fig. 5. Histogram of distribution in magnetic field strength.

- Т.о., эффект селекции явно выражен для источников лежащих в плоскости неба (рисунок CSS);
- В случае произведения энергий он компенсируется;
- В случае частного энергий он усиливается;

<http://www.jb.man.ac.uk/atlas/alpha.html> (католог радиогалактик) 3c35,3c98,3c47





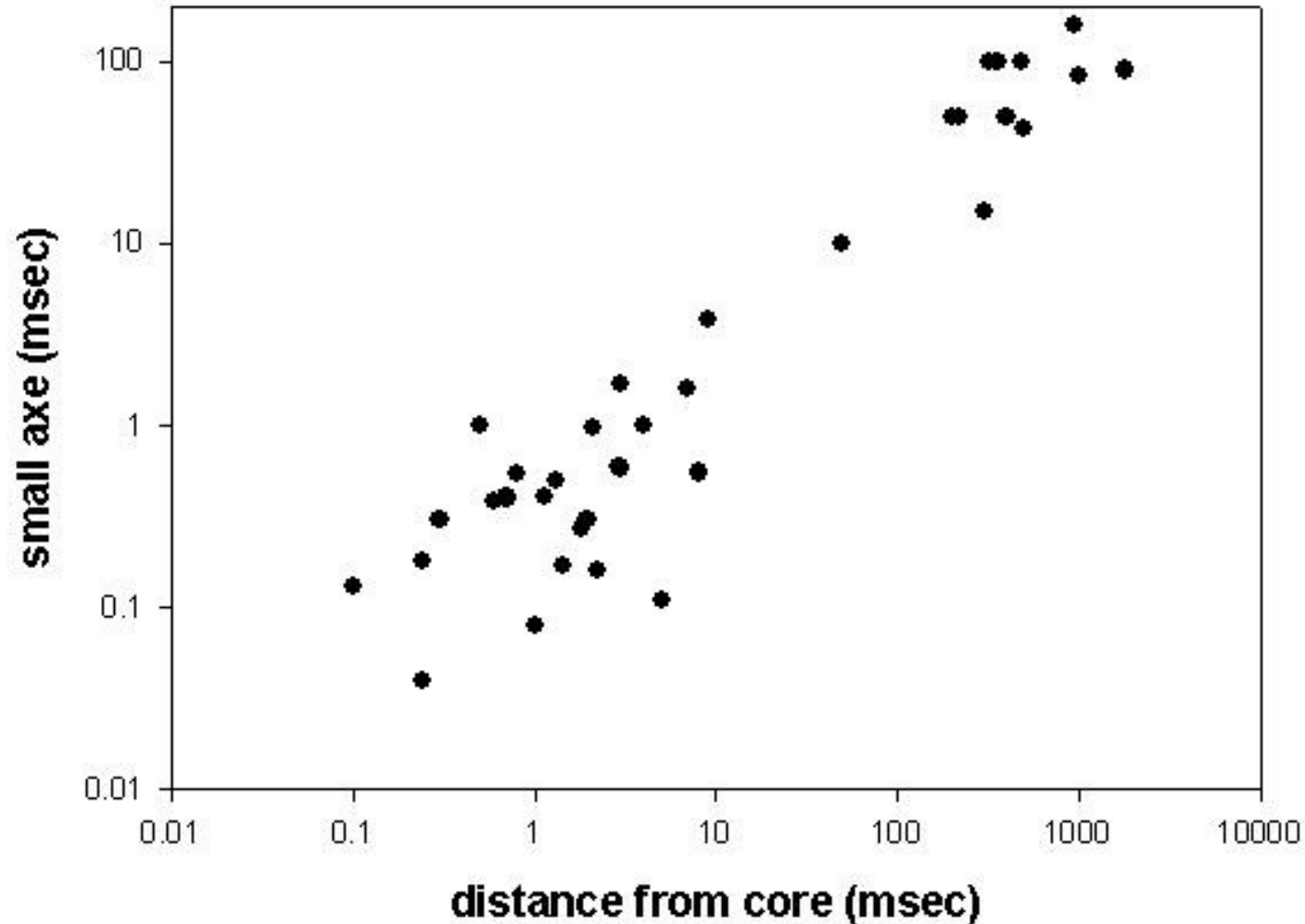


Для объектов лежащих в плоскости неба

	размер пятна(")	расстояние пятна от ядра (")	угол раскрыва джета (градусы)	
3c16 размер рисунка	76.8*76.8"	2.4	21	6.50
3c19	11.5*11.5"	0.16	3.4	2.7
3c33.1	127.8*291.6"	5.3	86	3.5
3c33	307.2*307.2"	4.2	112	2.1
3c35	2304.0*2304.0"	104	995	6.0
3c42	76.8*76.8"	0.7	14.7	2.7
3c46	256.0*256.0"	3.5	89.6	2.2
3c47	76.8*76.8"	0.7	38.4	1.0
3c98	307.2*307.2"	4.2	154	1.6
3c109	45.5*130.5"	1.2	49	1.4
3c132	20.5*20.5"	0.28	11.6	1.4

Углы раскрыва в нашей выборке без учета наклона джета

Изменение поперечника джета от расстояния от РСДБ ядра



- Т.к. углы наклона джета по отношению к наблюдателю согласно Urry 1995 (PASJ, 107, 803-845) составляют 10-30 градусов для разных типов активных галактик это означает, что истинный угол раскрыва джетов в нашей выборке будет порядка 1.5 градусов.

- Угол раскрыва в 1.5 градуса не способен объяснить полученную зависимость. Это увеличит магнитные поля на 2-3 порядка и энергию магнитного поля на 4-5 порядков. Поля в ядре так и останутся слишком слабые.
- Объяснение малых полей полоидальным маг.полем и эффектом анизотропии будет удобным, если угол с которого к нам приходит излучение порядка 1'.

- Если оценивается магнитное поле, то формула Слыша будет работать корректно: а) для деталей, лежащих близко к плоскости неба; б) в случае запутанных магнитных полей (по-видимому для деталей далеких от ядра и при столкновении со средой)