

# Радиоструктура активных ядер галактик по RATAN-600 и SATS данным в диапазоне 0.01-500 ГГц

Ю.А.Ковалев-1,2, П.Цыбулёв-3,2, Ю.Ю.Ковалев-4, Ю.Сотникова-3,2,  
С.Троицкий-2, А.Попков-5,1,2, А.Плавин-6, А.Эркенов-3,  
Н.Бурсов-3, Н.Нижельский-3, Г.Жеканис-3



- 1 – ФИАН, Москва,
- 2 – ИЯИ РАН, Москва,
- 3 – САО РАН,
- 4 – MPIfR. Bonn,
- 5 – МФТИ, Долгопрудный
- 6 – Harvard Univ., Cambridge



# Задача и результаты

**Выполнен:** модельный анализ мгновенных 1-22 ГГц спектров радиоизлучения 10 блазаров, полученных на РАТАН-600 в диапазоне 1-22 ГГц в 1997—2024 годах, дополненный вне этого диапазона результатами измерений из базы данных CATS в диапазоне 0.01-500 ГГц (см. рис. 1, 2 ниже). Используется модель Ежик релятивистской струи в квазирадиальном магнитном поле, предложенная в 1969 году Н.С.Кардашевым, ранее успешно использованная для объяснения переменных РАТАН-600 спектров (см. примеры слева внизу на рис. 1).

**Цель:** исследовать основные физические параметры (магнитное поле, яркостную температуру, угловые размеры и др.) протонных релятивистских струй в РСДБ-блазарах и **из анализа их спектров** найти яркие радиоизлучающие **компоненты структуры** струй в окрестности СМЧД, в т.ч. -- интересные для проектов РадиоАстрон и Миллиметрон, а также -- источник нейтрино высоких энергий, рождающихся в протон-протонных и протон-фотонных процессах (у входа в струю, вероятно).

# Задача и результаты (продолжение)

**Результаты:** представлены результаты оценок значений магнитных полей  $B$ , яркостных температур  $T_j$  и угловых размеров  $\Theta$  как для протонных, так и для электронных струй. Подтверждена эффективность «замены обычных синхротронных электронов на необычные – протоны».

Это позволяет :

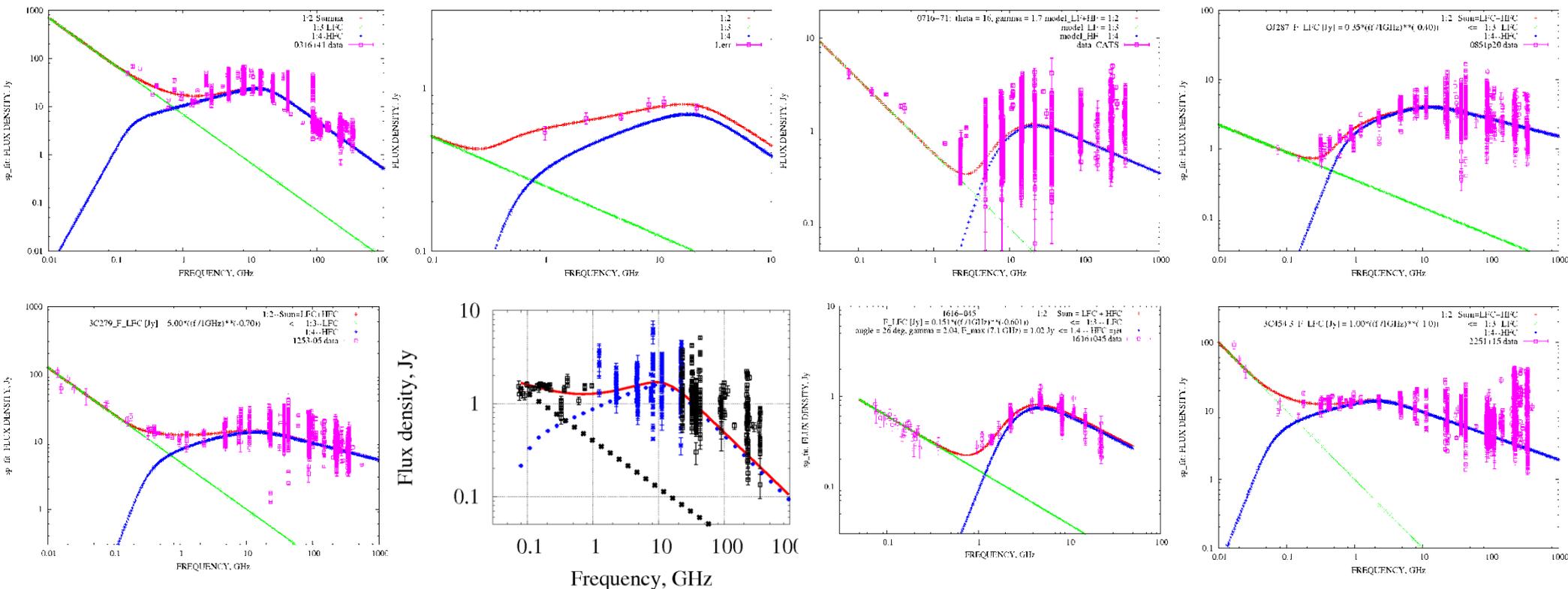
- 1) **объяснить** предельно высокие значения  $B \sim 10^4$  Гс,  $T_j \sim 10^{14}$  К и малые угловые размеры  $\Theta$ , обнаруженные в экспериментах с наземно-космическим РСДБ в проекте РадиоАстрон для многих объектов (рис.1),
- 2) **связать** протонные источники нейтрино высоких энергий с переменными протонными радиоструями в сильном продольном магнитном поле РСДБ-блазаров (рис. 1),
- 3) **исследовать** быструю переменность струи и **новый возможный высокочастотный РСДБ-компонент структуры на мм-субмм длинах волн** -- см.систематические превышения наблюдаемого потока над средним потоком излучения струи на рис. 1-2 в 4-х объектах (0716+71, 1502+10, 3C454.3, 0235+16) на частотах больше примерно 100 ГГц.

3C84  
3C279

0506+05  
1502+10

0716+71  
1616+04

OJ287  
3C454.3



=> **протоны** (Kovalev et al.,2022):  
 $V \sim 10^{\{3-4\}}$  Гс,  
 $T \sim 10^{\{13-14\}}$  К  
 $\Theta \sim 0.03-0.003$  mas

**Если пренебречь потерями (!):**  
 $E_{\text{Фарадей}} \sim \Delta V * R * e/2 \Rightarrow 10^{\{21\}}$  eV  
 (при  $\Delta V \sim 10^4$  Гс,  $R \sim 10^{\{15\}}$  см)  
 $E_{\text{нейтрино}} \sim E_p / 20$  (Троицкий,2024)

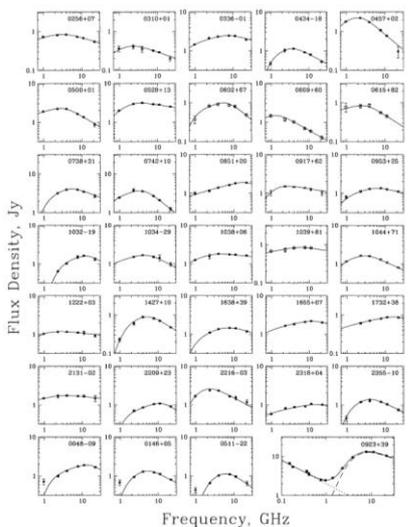
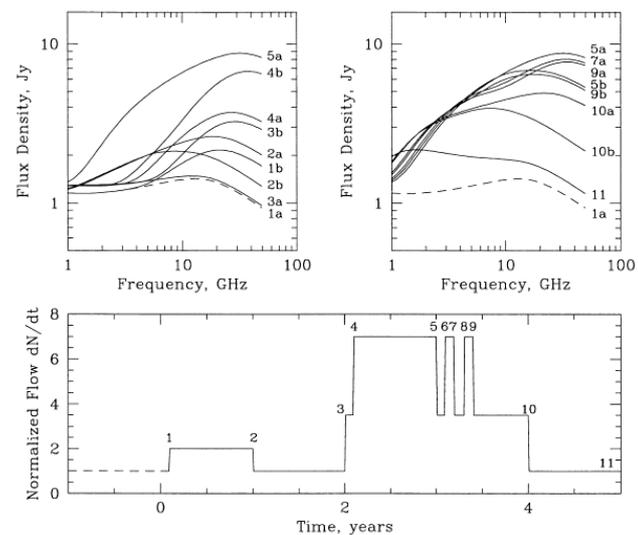
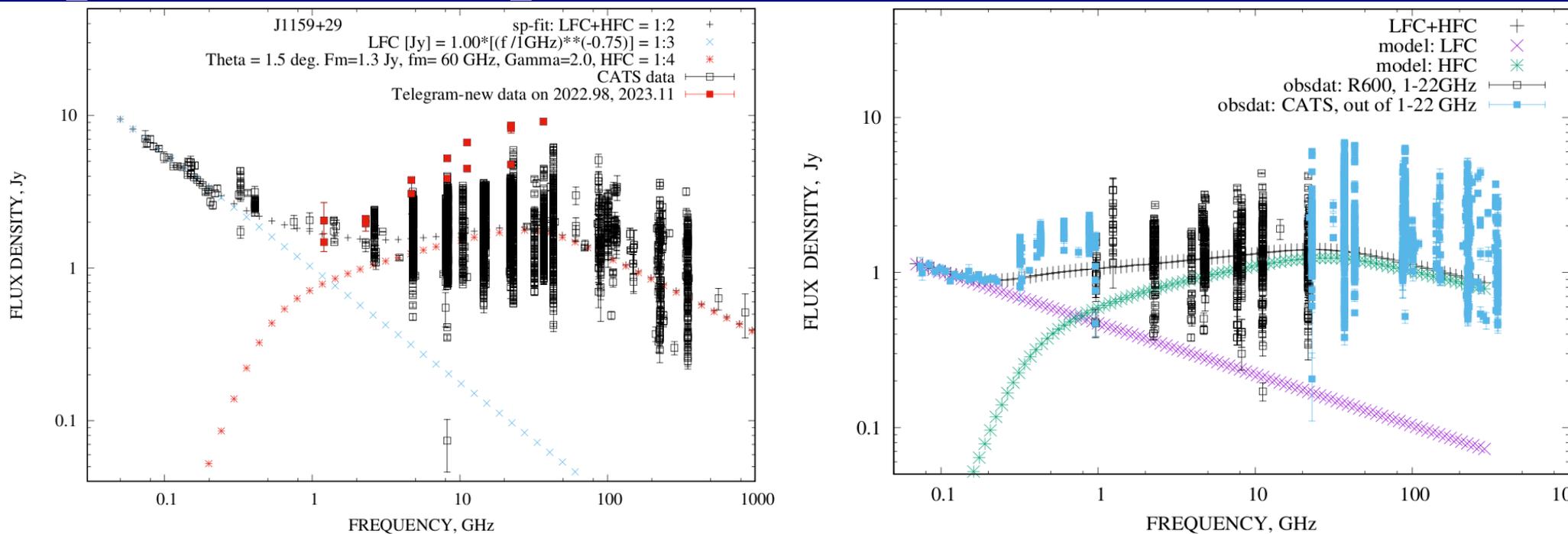


Рис. 1

# РАТАН-600 + CATS – моделирование Протон-спектры в диапазоне 0.01-500 ГГц



**Рис. 2. Модельные исследования физических параметров в протонных струях, условий ускорения протонов для генерации нейтрино + РСДБ-структур у СМЧД.**

Слева: Спектр блазара J 1159+29 (1997-2024) с 2мя компонентами: НЧ (периферия) и ВЧ (релятивистская струя в модели Кардашева «Ежик»).

Справа: То же для блазара В 0235+16. Возможно присутствие 3го РСДБ-компонента или очень быстрая переменность у входа в струю --- на мм-субмм длинах волн.

Подробнее см.: 1. Kovalev Y.A. et al., Proceedings of Sci, PoS(MUTO2022) 027 (2022)

2. Vlasyuk V.V. et al., MNRAS Vol.535, pp.2775-2799 (2024).

3. Kovalev Y.A., Kardashev N.S. et al., AdSpR Vol.65, p.745 (2020)