



Special
Astrophysical
Observatory



Kazan
Federal
University

Достижения и задачи РАТАН-600 во внегалактической астрономии

Марат Мингалиев

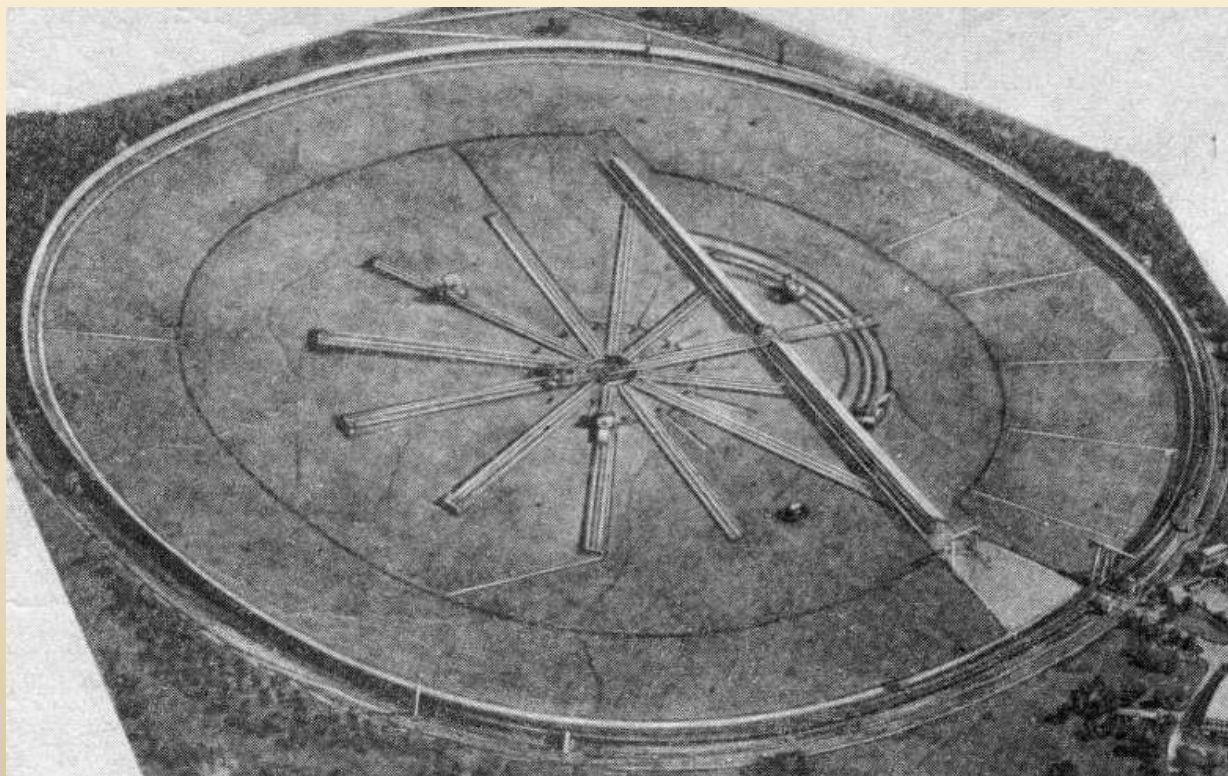
БШФФ-2022 Иркутск, 5-10 сентября, 2022

Астрофизика последних лет изобилует удивительными открытиями. Развитие новых экспериментальных методов исследования космического излучения, таких, как методы радио, инфракрасной, рентгеновской, астрономии, привело к обнаружению целого ряда новых астрономических феноменов. Одной из совокупностей таких явлений, вызывающих всеобщий интерес на протяжении последнего времени, являются нестационарные явления в ядрах галактик и квазарах.

Verbatim citation from "Non-stationary phenomena in galaxies", Dibai E.A. June, 1977.

Известия ГАО № 188 (1977)

РАТАН-600 — радиотелескоп высокой разрешающей силы и большой собирающей площади для диапазона волн 4 мм—21 см РАТАН-600 *в основном предназначен для астрономических исследований методами радиоастрономии* и радиолокации, но может быть использован также для радиофизических исследований и прикладных целей.



Основные характеристики телескопов

- Разрешающая сила (способность):

$$\Theta_{0.5} \propto \lambda/D - \text{критерий Рэля}$$

- Например, оптический телескоп с $D \sim 1 \text{ м}$ имеет разрешение ~ 0.1 сек. дуги
- Чувствительность - способность обнаруживать минимальный сигнал; определяется:
 - ❖ свойствами приемных устройств;
 - ❖ размером апертуры.

Таким образом, оба основных параметра определяются размером инструмента!

История создания РАТАН-600

Требования времени:

- $\text{Max } A_{\text{геом}} \Rightarrow A_{\text{эфф}}$
- Предельное FWHM
- $\lambda \Rightarrow \text{min}$ или $\nu \Rightarrow \text{max}$
- $\lambda \Rightarrow N$
- Стоимость $\Rightarrow \text{min}$

Задача линейного программирования - оптимизация «расходящихся» параметров

Основные радиоастрономические проблемы

1. Детальное исследование объектов ближнего космоса (Солнечная система, Галактика);
2. Систематический поисковый обзор неба на предельно высоких частотах. Такой обзор крайне необходим в связи с возможностью обнаружения квазизвездных радиоисточников в начальной стадии развития и в связи с малой изученностью этого диапазона. Предполагается провести оптическое отождествление обнаруженных объектов, для чего необходимо измерение координат с точностью $1''-0.1''$;
3. Исследование тонкой структуры большого числа радиогалактик и определение их спектра распределения радиояркости и структуры магнитного поля этих объектов;

Основные радиоастрономические проблемы

4. Изучение пекулярных квазизвездных радиоисточников и радиогалактик с аномально высокой интенсивностью радиоизлучения в этом диапазоне для выяснения природы этих объектов и источников энергии их радио- и оптического свечения.

Для выполнения перечисленных научных задач необходим радиотелескоп с предельно высокими значениями разрешающей силы и собирающей площади, позволяющий свободно выбирать рабочие частоты и гибкий в отношении выбора методики наблюдений. Ниже будет показано, почему антенна переменного профиля (АПП) оказалась наиболее перспективной в этом отношении, и будет рассмотрено место, которое она занимает в технике современного радиотелескопостроения.



Наблюдательные программы (пример)

Внегалактические:

1. Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies (**Metsahovi Radio Observatory, Финляндия**).
2. Многочастотный мониторинг переменности блазаров на длительных временных масштабах, (**ШАО Китайской АН, Китай**).
3. Исследование радиогалактик FR0 (**CAO РАН**).
4. Радиоспектры и переменность квазаров на $z > 4$ (**CAO РАН, INFIP, Аргентина**).
5. Радиосвойства гидроксильных мегамазеров ОНМ (**Университет Гуйчжоу, Китай**).
6. IceCube триггер: ежемесячный мониторинг на РАТАН-600 активных галактик - новых кандидатов в источники нейтрино высоких энергий (**ИЯИ РАН**).
7. РАТАН-600 в многоканальной астрономии: полная выборка РСДБ-компактных струй в ядрах галактик как индикаторов нейтрино высоких энергий (**АКЦ ФИАН, МФТИ**).

Галактические:

1. Мониторинг микрокварзаров - галактических рентгеновских двойных звезд со струйными выбросами (**CAO РАН, ICRANet, Italy, INAF-IAPS Italy, SAO, USA, Finnish Centre for Astronomy with ESO FINCA, Curtin U. Australia**).
2. Поиск быстрых радиовсплесков* (**CAO РАН**).

Солнце:

1. Исследование вспышечных плазменных структур в дециметровом диапазоне с новыми техническими возможностями РАТАН-600 (**CAO РАН**);
2. Структура и эволюция активных областей на Солнце (**Университет Янины, Греция**);
3. Корреляционный анализ между предвспышечным сигналом Call K и радиовспышками (**CAO РАН, ГАС ГАО РАН, КГУ**);
4. Развитие методов определения физических условий во вспышечно-активных областях на Солнце (**СПбГУ**);
5. Совместные исследования хромосферы и переходной области солнечных пятен на интерферометре ALMA и РАТАН-600 (**Технологический Институт Нью-Джерси, США**).

Из отчета 2021 г.

зам. директора CAO РАН

Ю.В. Сотниковой



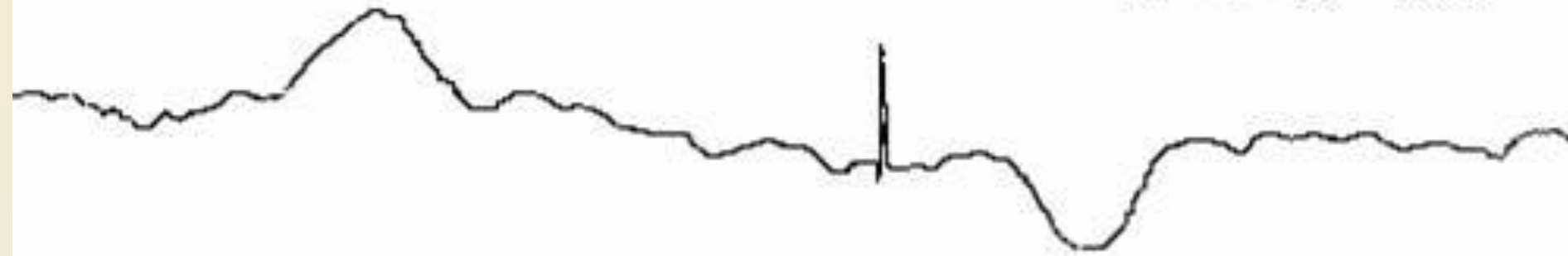
Первым наблюденным объектом на РАТАНе был

$\lambda = 4 \text{ см}$

PKS 0521-36

12 VII 74

$T_s = 0.42 \text{ K}$ - нобл



Блазар PKS 0521-365; 12 июля 1974 года, Северный сектор

Далее начались систематические исследования радиогалактик, квазаров, АЯГ, которые продолжаются по настоящее время. Первые исследования радиогалактик проводились Н.С. Соболевой.

Исследования радиогалактик

1) Centimeter observations of the central region of Centaurus A. Astron. Zh. 1, No. 12, 3-8 (December 1975)

2) Наблюдения радиогалактик с помощью радиотелескопа РАТАН-600. Н.С. Соболева, А.Б. Берлин, В.Я. Гольнев, Г.М. Тимофеева. АЖ, 54, стр. 945-952 (Сент.-Окт, 1977). Принята к печати 28 Окт. 1976

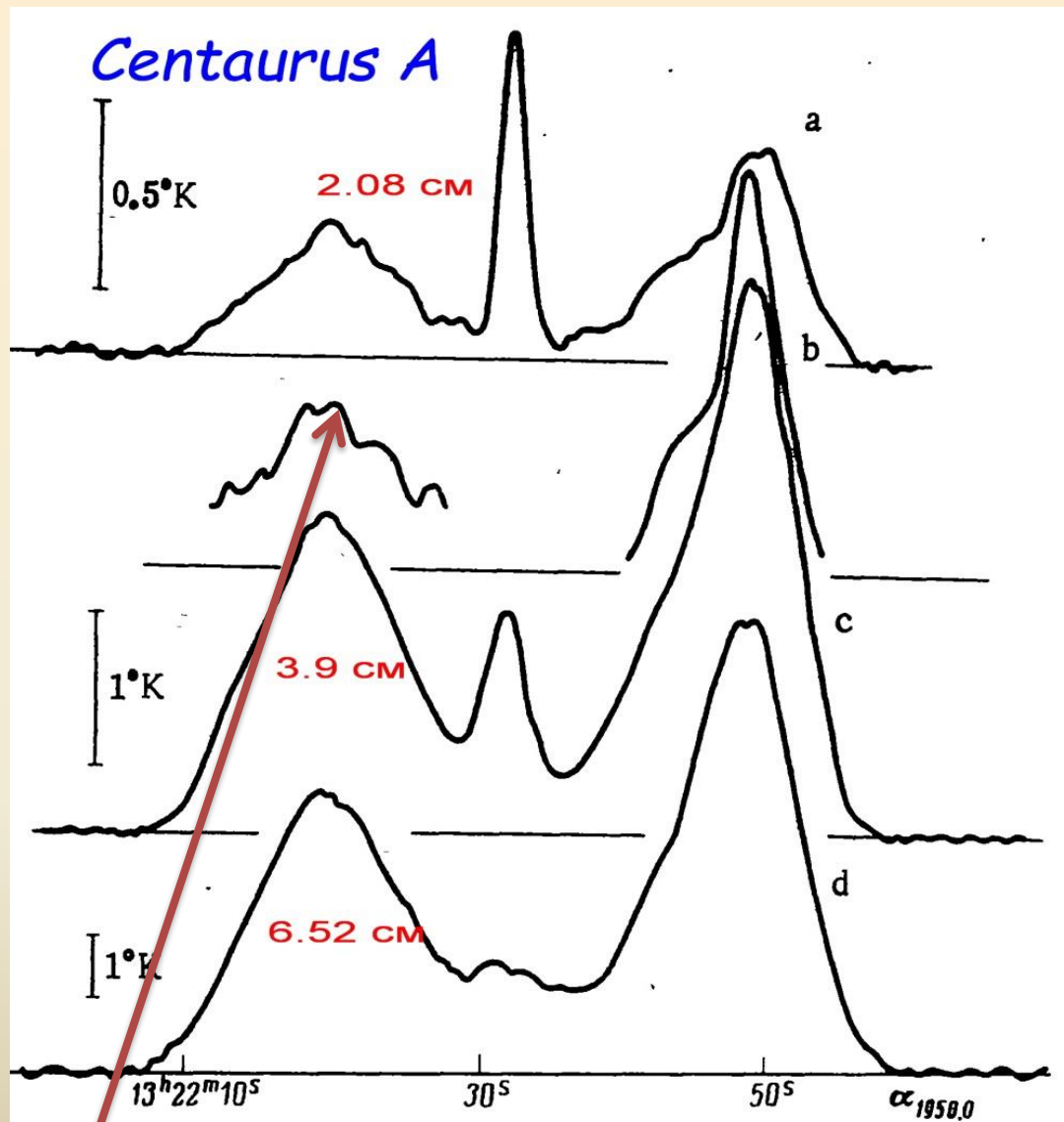
«проводится анализ распределения яркости радиогалактик (ЗС 353, 348, 327, 218, 274 и 405), включающий исследования хвостовых и мостовых структур, соединяющих центральное ядро и боковые структуры».

«Область вблизи ядра
NGC 5128 наблюдалась
на длинах волн 2,08,
3,9 и 6,52 см с
разрешением 15", 32" и
50" соответственно.

Распределение яркости
по центральному
двойному источнику не
зависит от длины

волны. Был обнаружен
и исследован мост,
соединяющий два
компонента с ядром»

ПАЖ № 12, Дек. 1975



R.M. Price, M.A. Stull; *Nature Phys. Sci.*, 245, 83 (1973)

Первые работы по исследованию
переменности внегалактических
объектов на РАТАН-600
начались в 1976 г.

SPECTRA OF SOME VARIABLE RADIO SOURCES
ACCORDING TO OBSERVATIONS BY MEANS
OF RATAN-600 RADIOTELESCOPE

M. G. MINGALIEV, S. A. PUSTIL'NIK, S. A. TRUSHKIN,
R. M. KIRAKOSIAN, V. H. MALUMIAN

According to the results of observations by means of RATAN-600 radiotelescope (λ 2.08, 3.9, 6.52, 13.0 cm) spectra on epochs 1976.25 and 1976.75 are constructed for some variable radio sources. The possibility to use the presented multifrequency spectra for optimal choice of baselengths in VLBI-programmes is discussed.

FURTHER OBSERVATIONS OF VARIABLE RADIO SOURCES
WITH RATAN-600 RADIOTELESCOPE

V. A. MAIZEL, M. G. MINGALIEV, S. A. PUSTILNIK, S. A. TRUSHKIN

Radiospectra at epoch 1977.23 of variable radio sources Simeiz 0528+13, PKS 0735+17, OJ 287, 3C 273, 3C 279 and PKS 1510-08 are presented as a result of observations with RATAN-600 at wavelengths 2.08, 3.9, 6.52 and 8.2 cm. The comparison of these spectra is made with the spectra obtained at epochs 1976.25 and 1976.75. The radio source Simeiz 0528+13 has shown, in late March 1977, the fast increase of flux density at λ 2.08 cm with characteristic time $\tau \lesssim 10$ days. For this source the light curve for centimetre range was constructed

Astrofizika. The National Academy of Sciences of Armenia
Vol. 14, No 1, February, 1978
Vol. 17, No 3, February, 1981

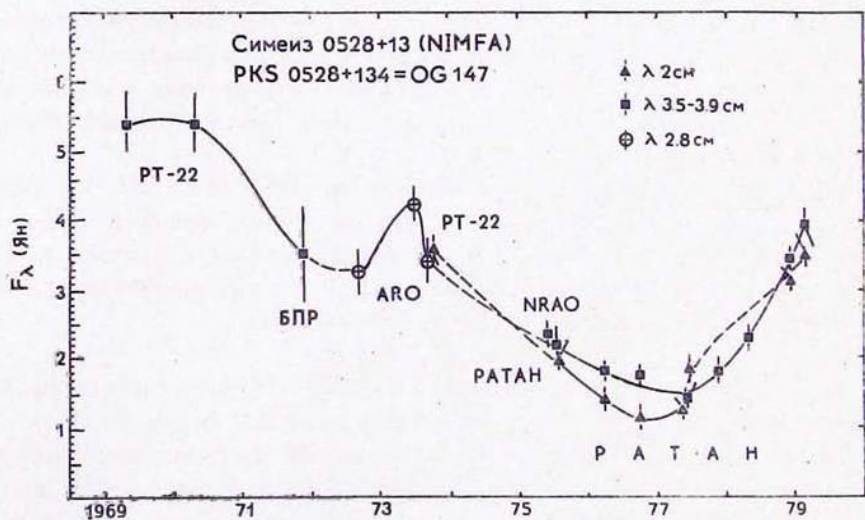
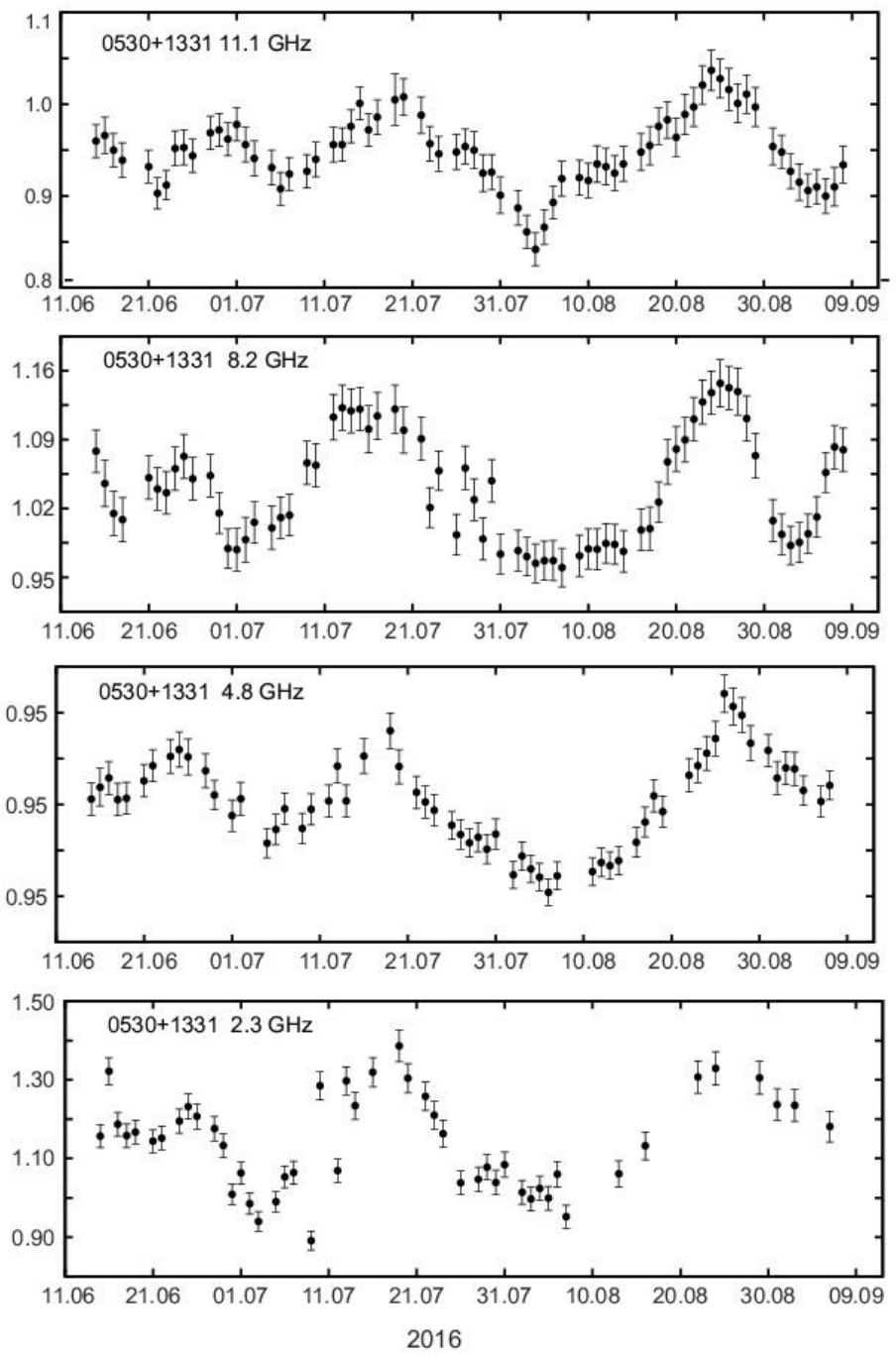
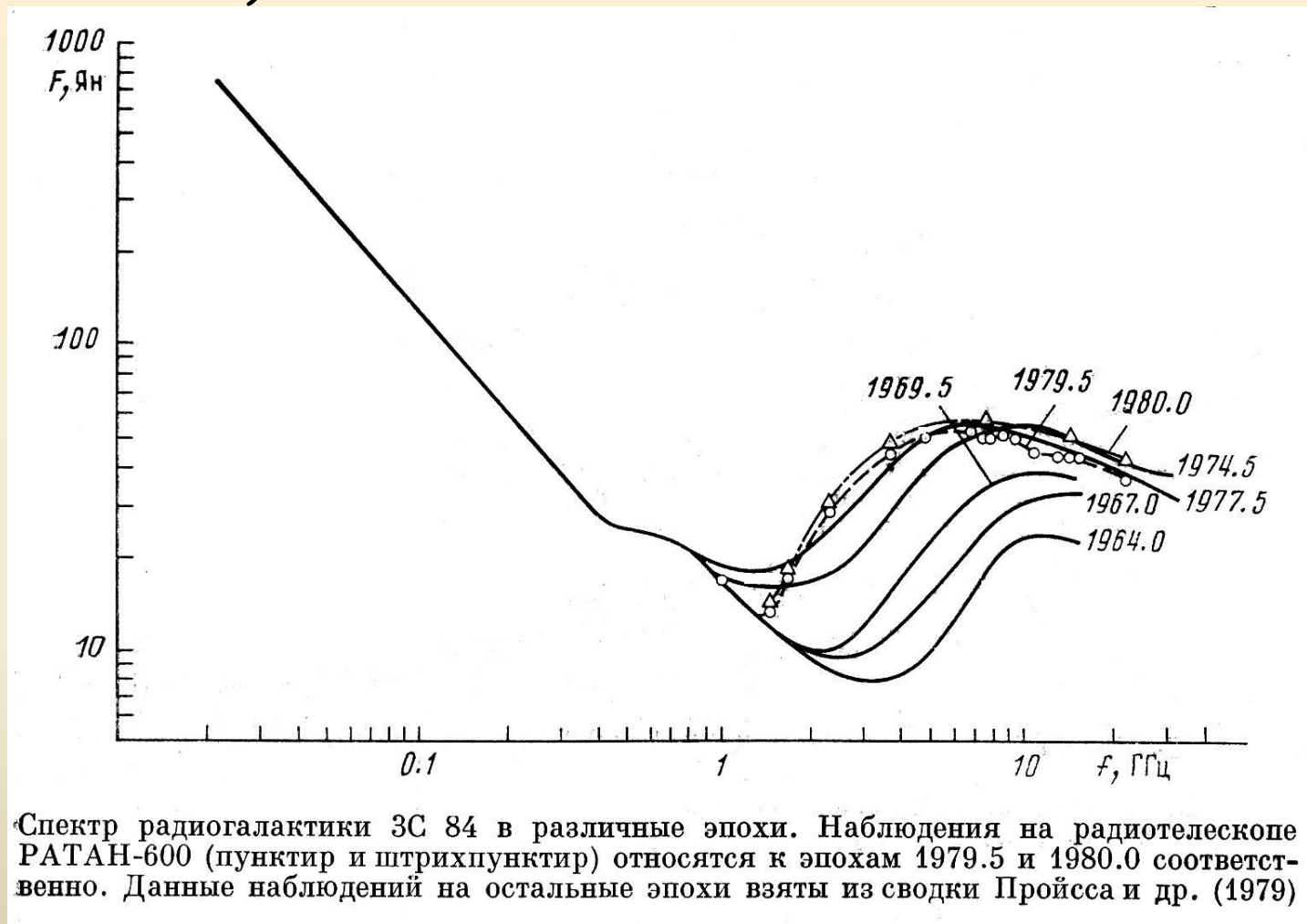


Рис. 4. Кривые блеска источника Симеиз 0528+13 (NIMFA) в диапазонах λ 3,5—3,9 см с 1969 по 1979 г. и λ 2,08 см с 1973 по 1979 г. по наблюдениям на РАТАН, РТ-22 (КРАО АН СССР), БПР (Пулково), АРО (Алгонкин, Канада), NRAO (США). По оси абсцисс — время в годах, по оси ординат — плотность потока в Янских.



Simultaneous radio spectra of 3C 84 (NGC 1275) from RATAN-600 observations at 16 frequencies. *Pis'ma Astron. Zh.* 6, 617-619 (October 1980).



Simultaneous multi-frequency radio spectra have been obtained for the source 3C 84 (the Seyfert galaxy NGC 1275) with the RATAN-600 radio telescope at two epochs, 1979.5 and 1980.0.

Обзоры ГАИШ

«В марте 1979 года на радиотелескопе РАТАН-600 Академии наук СССР на Кавказе был начат полный обзор неба, одновременно проводимый на частотах

$\nu = 8.7$ ГГц ($\lambda = 3.45$ см) и $\nu = 14.4$ ГГц ($\lambda = 2.08$ см)

К январю 1980 г. были завершены наблюдения области $Decl. = 00^\circ \div +04^\circ$ (площадь 0.33 ср)».

Это был первый 2-х частотный обзор неба с высокой чувствительностью!

«Обзор неба на частотах 8,7 и 14,4 ГГц: зона = 00°-04°», Амирханян, Горшков Капусткин, Конникова, Лазуткин, Ларионов, Никаноров, Сидоренков, Уголькова, Хромов. АЖ, 58, стр. 717-724 (Июль-Август, 1981).

Здесь я отвлекусь от изложения исследований на РАТАН-600 и расскажу для решения каких проблем астрофизики они используются, а именно, в наблюдениях нестационарных явлений, в так называемых

Активных ядрах галактик (АЯГ)

Active galactic nuclei (AGN)

В первой половине 70-х
прошлого века одним из первых
в СССР об этом заявил в КрАО
Эрик Дибай (Дибай Эрнст
Апушевич).



Москва, Издательство «Знание», 06/1977

Активные ядра галактик

Активные галактики — это галактики, которые имеют небольшое ядро излучения в центре типичной галактики. Это ядро, как правило, имеет высокую степень переменности очень яркое по сравнению с остальной частью галактики.

В нормальных галактиках, полная энергия, которую они излучают, является суммой излучения от каждой из звезд в галактике, но в активных галактиках это не так.

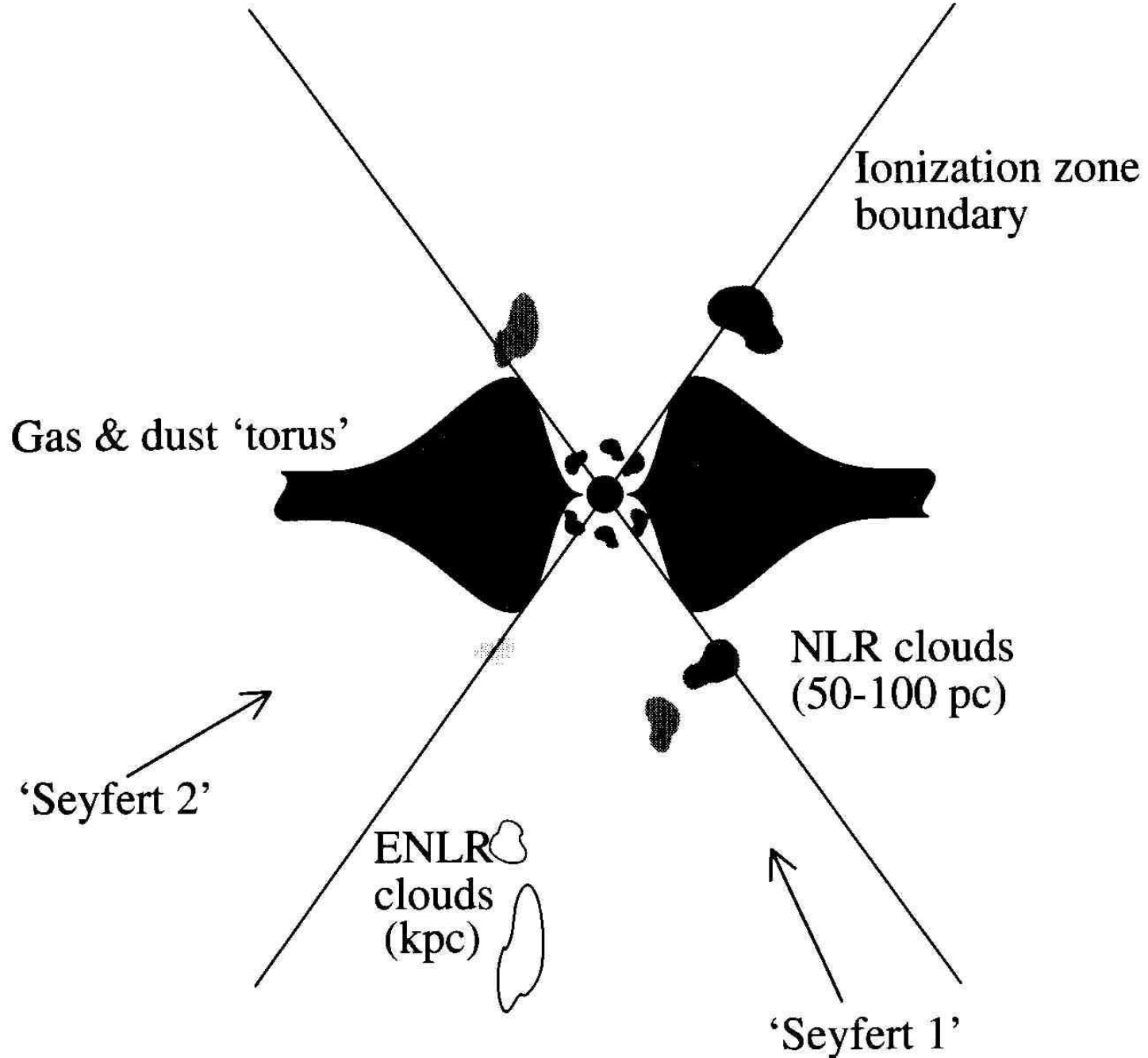
Активные ядра галактик

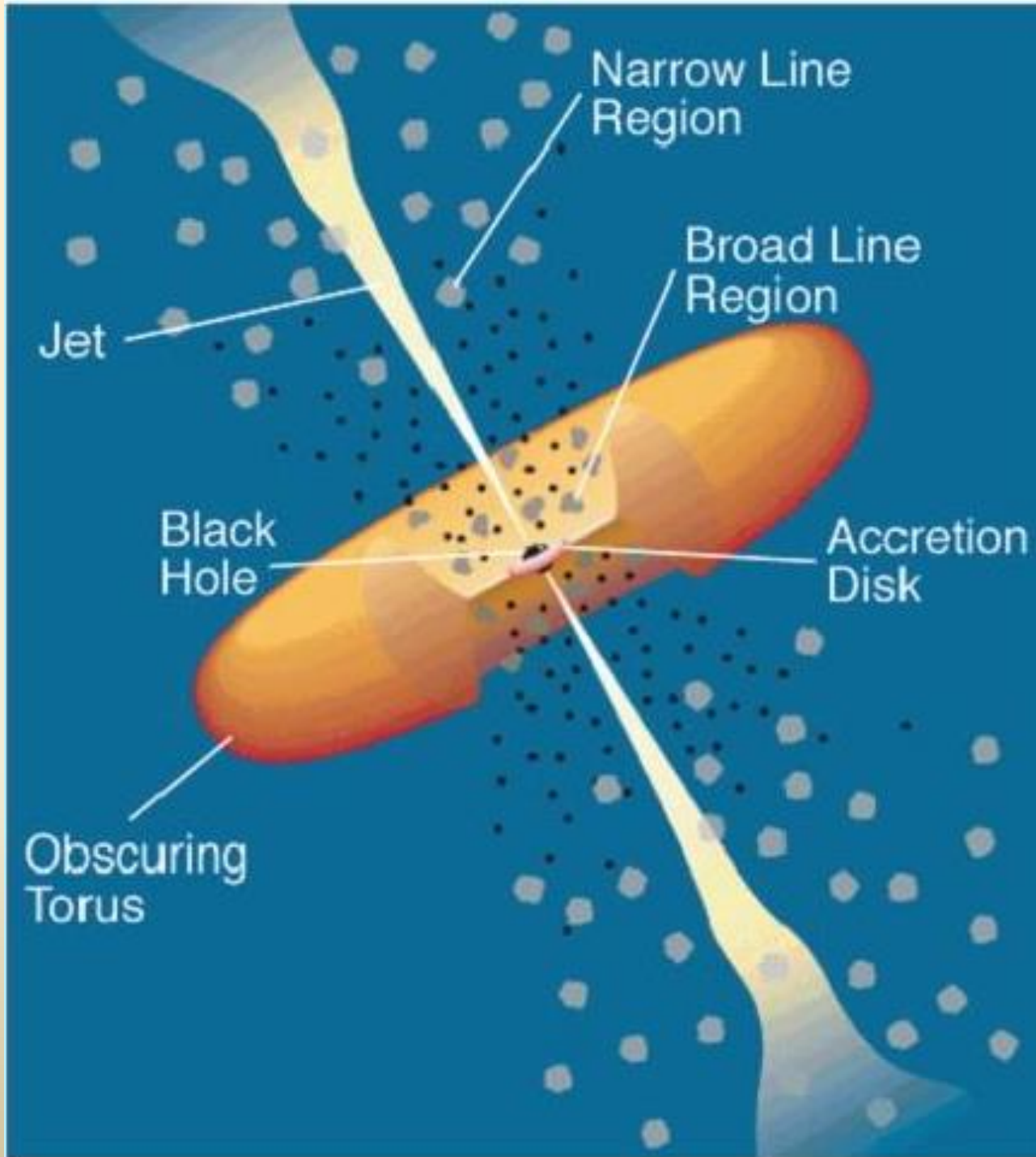
В активных галактиках гораздо больше излучаемой энергии, чем должно быть, и эта избыточная энергия обнаруживается в инфракрасной, радио-, ультрафиолетовой и рентгеновской областях электромагнитного спектра. Энергия, излучаемая активной галактикой совсем не нормальна. Так что же происходит в этих галактиках, чтобы произвести (дать!) такой энергетический выход?

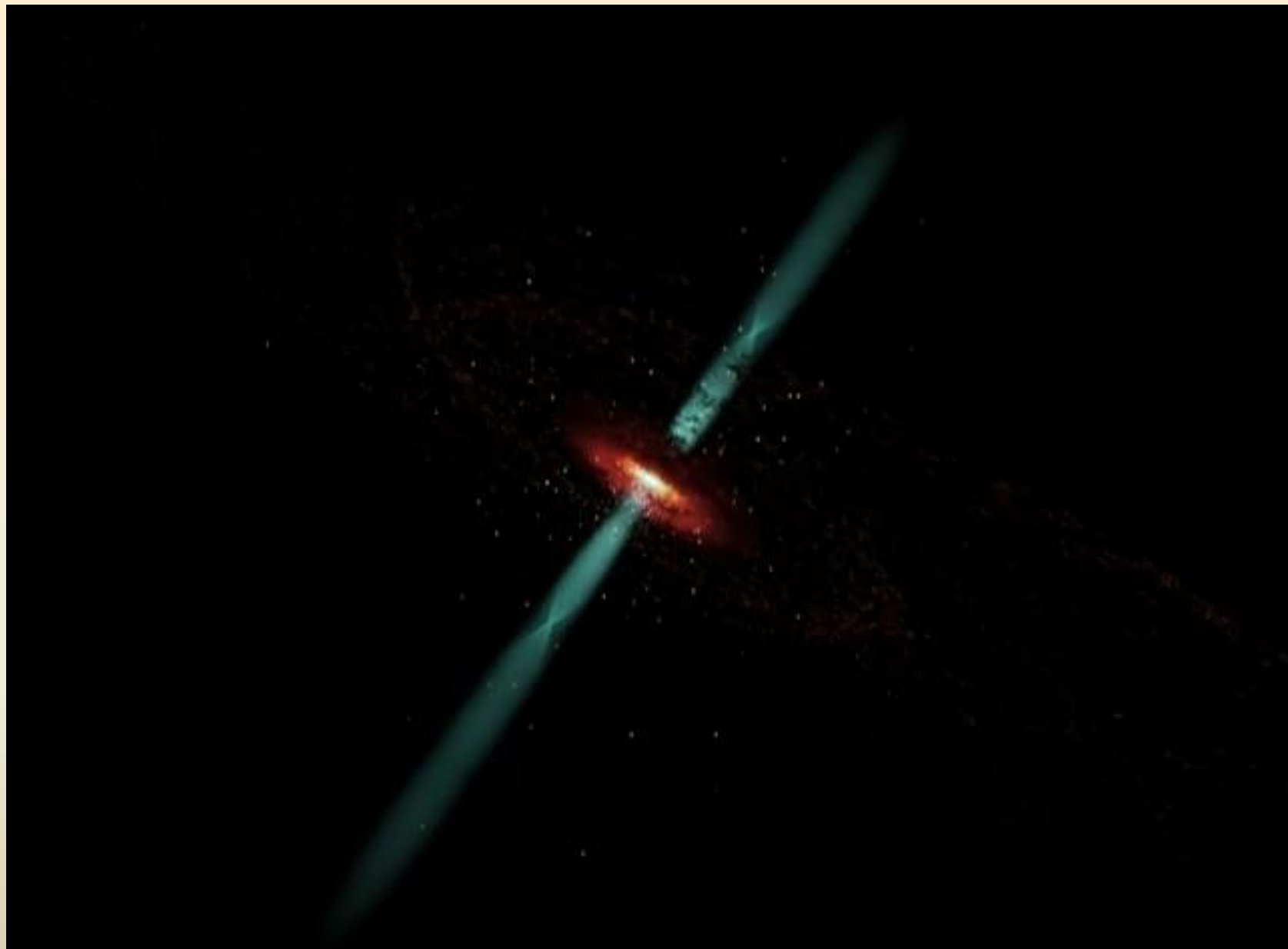
Активные ядра галактик

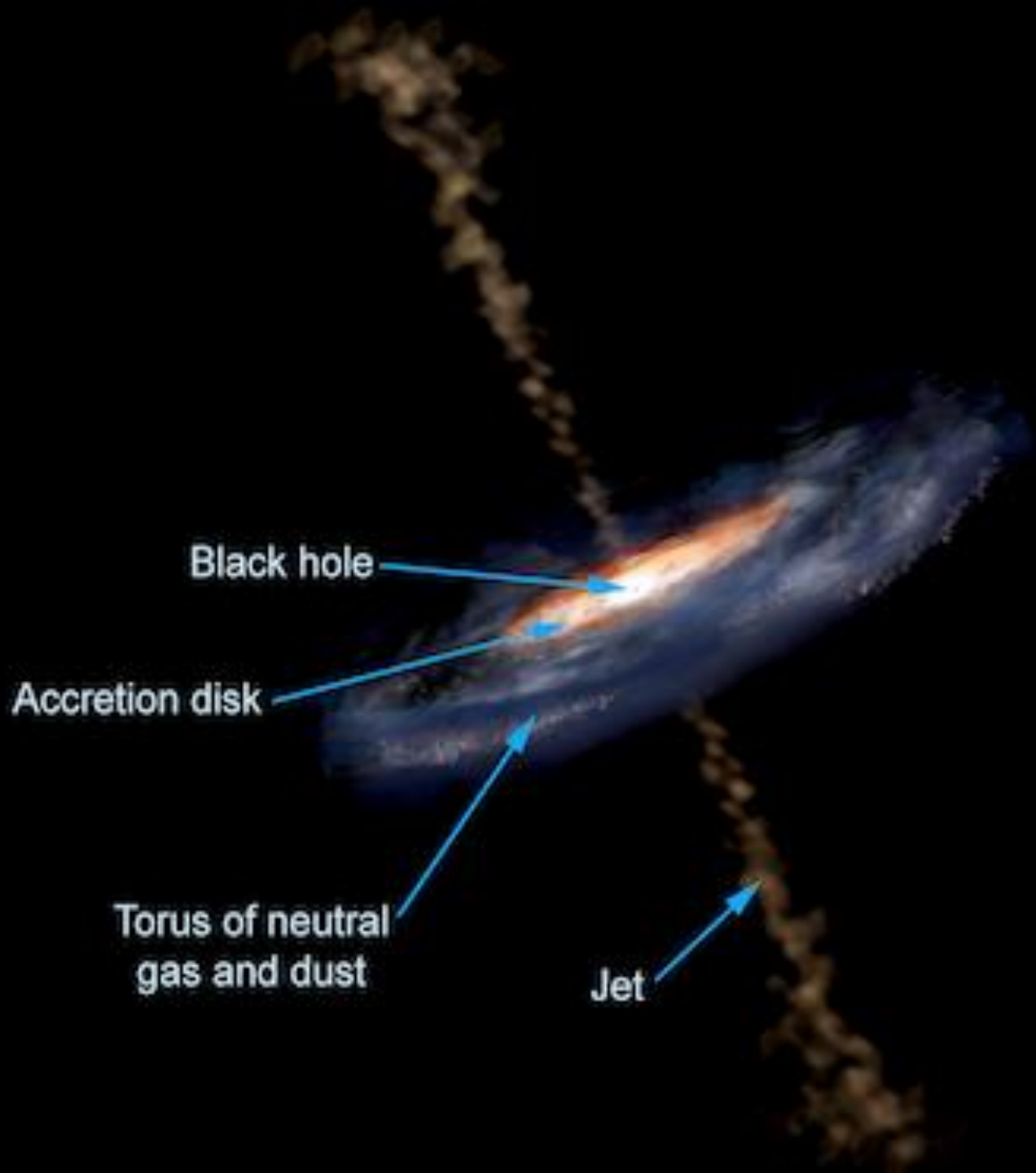
Большинство, если не все, нормальные галактики имеют сверхмассивную черную дыру в центре. В активной галактике ее сверхмассивная черная дыра **аккрецирует** материал из плотной центральной области галактики. Когда вещество падает к черной дыре, угловой момент заставляет его закручиваться по спирали и формироваться в диск. Этот диск, называемый **аккреционным диском**, нагревается из-за гравитационных и фрикционных сил.

Модели активных галактик также включают область холодного газа и пыли, которая, как полагают, имеет форму гигантского пончика с черной дырой и аккреционным диском, расположенным в дыре пончиков. Примерно в одном из десяти АЯГ черная дыра и аккреционный диск производят узкие пучки энергичных частиц и выбрасывают их наружу в противоположных направлениях от диска. Эти струи, которые появляются почти со скоростью света, становятся мощным источником излучения радиоволн.










Black hole

Accretion disk

Torus of neutral
gas and dust

Jet

TABLE 1. AGN TAXONOMY

| | | Optical Emission Line Properties | | | |
|-----------------------|---------------------|--|----------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | Type 2 (Narrow Line) | Type 1 (Broad Line) | Type 0 (Unusual) | |
| Radio Loudness | Radio-quiet: | Sy 2 NELG IR Quasar? | Sy 1 QSO | BAL QSO? | Black Hole Spin? |
| | Radio-loud: | NLRG { FR I FR II | BLRG SSRQ FSRQ | Blazars { BL Lac Objects (FSRQ) | |
| | |  | | | |
| | | Decreasing angle to line of sight | | | |

Свойства активной галактики определяются:

- 1) массой черной дыры;
- 2) скоростью аккреции к черной дыре, имеет ли она мощную струю или нет;
- 3) И углом, под которым мы рассматриваем галактику.

Радиогалактики, квазары и блазары — это **АЯГ** с сильными струями, которые могут перемещаться наружу в большие области межгалактического пространства. Некоторые из очевидных различий между типами **АЯГ** связаны с тем, что у нас разные ориентации по отношению к диску. Блазарами и квазарами мы смотрим вниз (вдоль) по струе.

Активные галактики интенсивно изучаются на всех длинах волн. Поскольку они могут менять свое поведение в короткие сроки, полезно изучать их одновременно во всех диапазонах (энергиях). Рентгеновские и гамма-наблюдения оказались важными частями этого многоволнового подхода, поскольку многие высокоэнергичные квазары излучают большую часть своей мощности при таких энергиях.

Рентгеновские лучи в АЯГ происходят из очень близкой области к черной дыре, поэтому рентгеновские исследования могут дать уникальную информацию о физических процессах, происходящих в центральной машине. Кроме того, только гамма-наблюдения могут предоставить ценную информацию о природе ускорения частиц в струе квазара и подсказки о том, как частицы взаимодействуют с окружающей средой.

Свойства

Совершенно различные физические состояния в центральном источнике, джете и в протяженных частях однозначно связаны с общим источником энергии в ядре. Наиболее вероятный механизм - освобождение гравитационной энергии звездного вещества, падающего на центральную черную дыру.

Радиоизлучение от радиогалактик, как и квазаров - синхротронное.

На РАТАНе проводились многочастотные (5-6 частот) исследования полных по плотности потока выборок (из разных радиокаталогов: ГАИШ, Дуглас, 87GB, PMN, JVAS и др) :

- 1) Плотности потоков;
- 2) Мгновенные спектры в диапазоне $\nu = 1\div 23$ ГГц;
- 3) Переменность.

Некоторым обобщением этих исследований явилась совместная (Ю.А. Ковалев и др., АКЦ ФИАН, САО РАН) статья «Survey of instantaneous 1-22 GHz spectra of 550 compact extragalactic objects with declinations from -30deg to +43deg». Kovalev, Y. Y.; Nizhelsky, N. A.; Kovalev, Yu. A.; Berlin, A. B.; Zhekanis, G. V.; Mingaliev, M. G.; Bogdantsov, A. V.»

Astronomy and Astrophysics Supplement, v.139, No 3, 1999, p.545-554

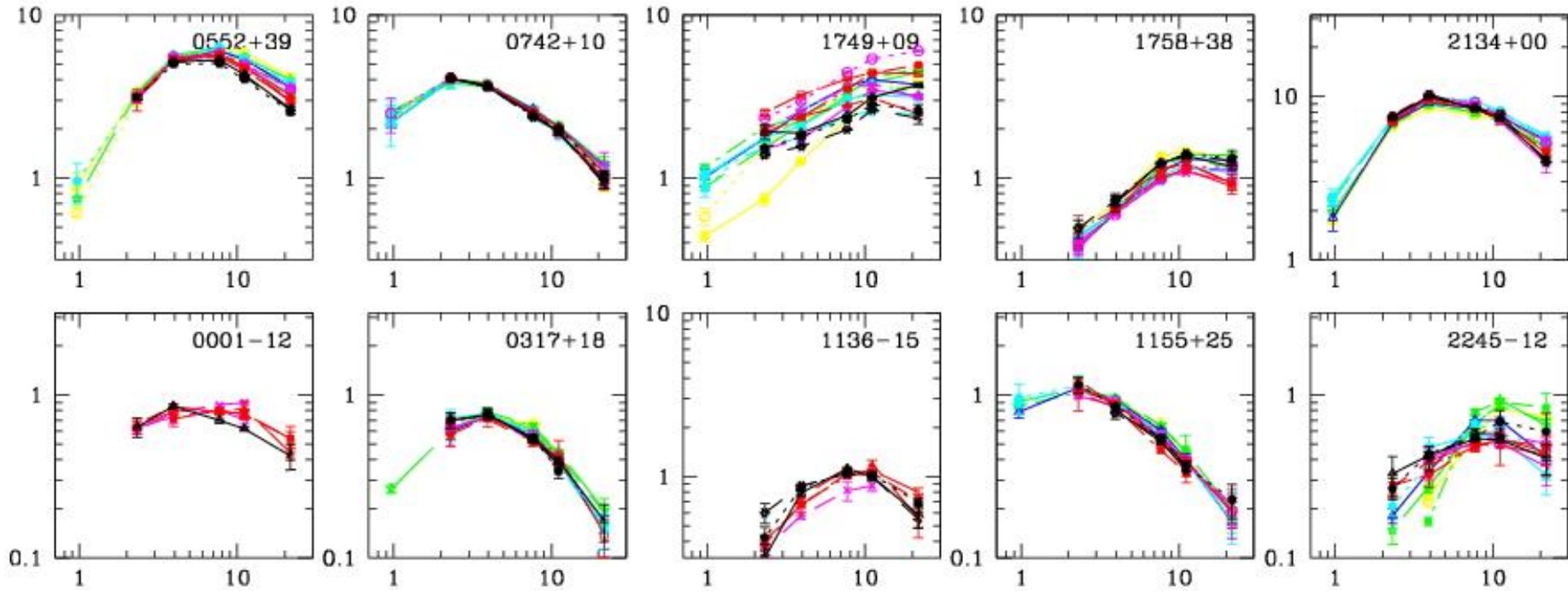
Природа переменности дискретных источников
радиоизлучения на различных временных масштабах

(совместная программа ГАИШ МГУ, САО РАН

Горшков А.Г., Конникова В.К., Мингалиев М.Г.)

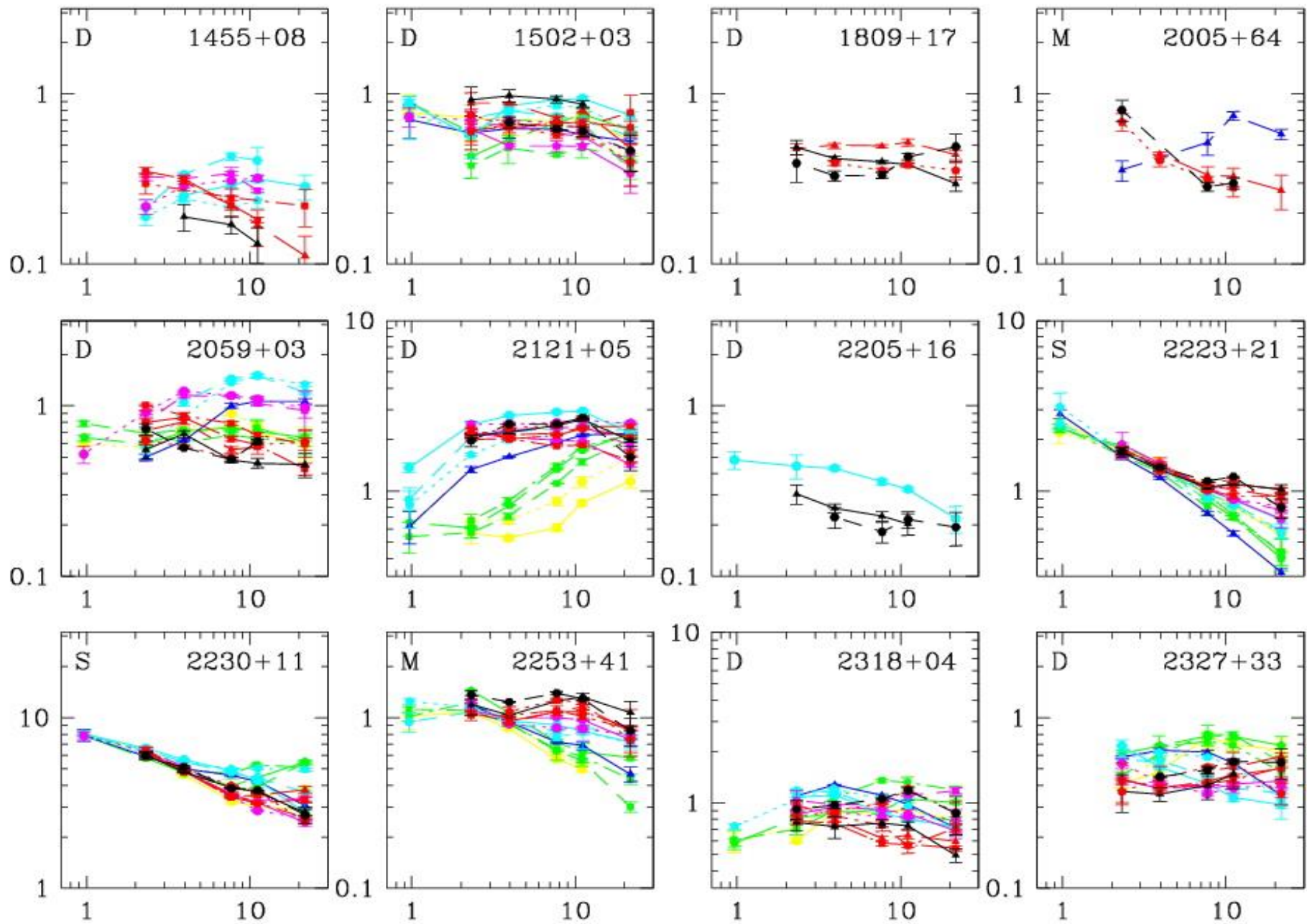
Радиоспектры

Flux Density, Jy



Frequency, GHz

Flux Density, Jy



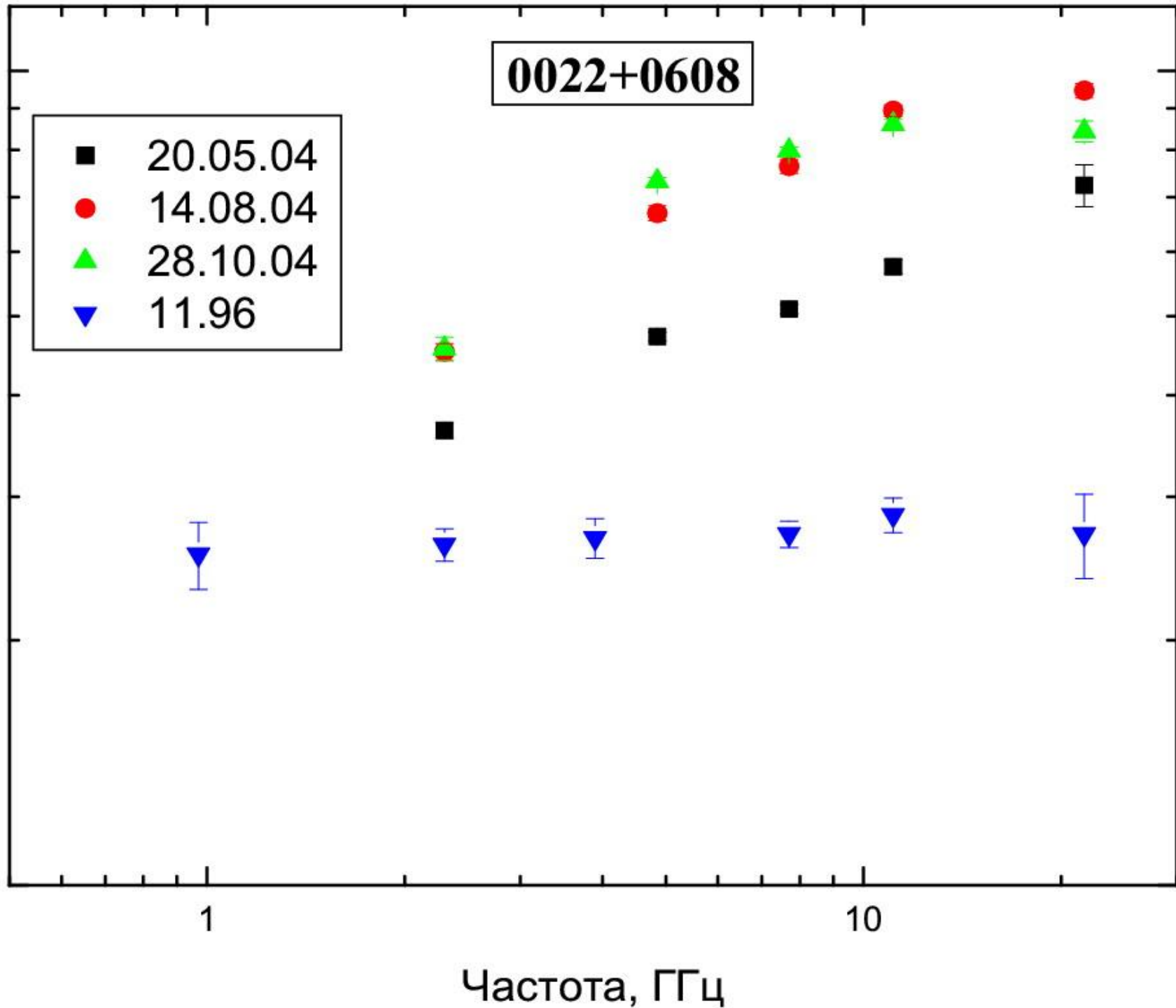
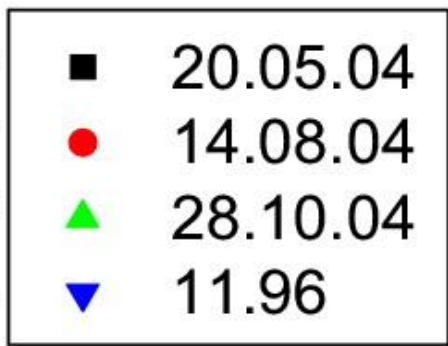
Frequency, GHz

Плотность потока, мЯн

1000

100

0022+0608



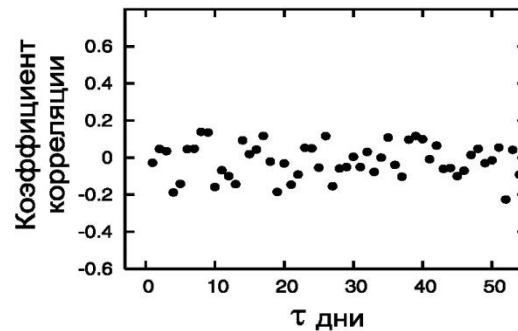
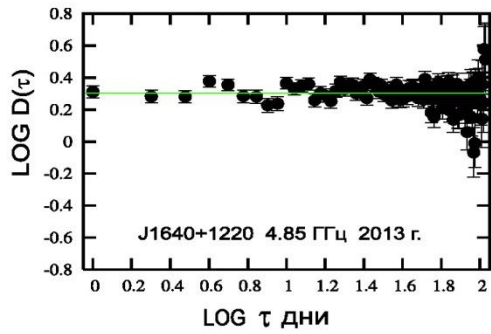
Частота, ГГц

Переменность

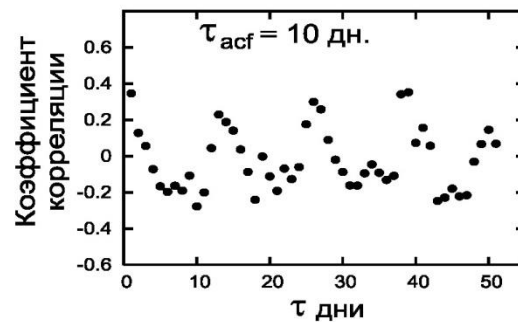
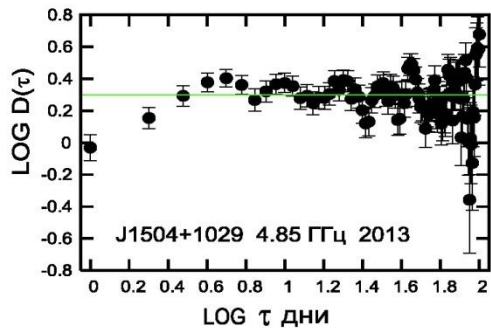
Практически все компактные радиоисточники при наблюдениях достаточно продолжительное время и с достаточной чувствительностью являются переменными на временных масштабах от нескольких дней до нескольких лет и плотности потока изменяются от нескольких процентов до 100%. Наиболее быстрые вариации наблюдаются у объектов типа VL Lac. В общем, наблюдаемые вариации можно описать как вспышку, которая сильнее всего проявляется на высоких частотах и продвигается с уменьшением амплитуды в сторону низких частот (см. Рисунки).

Variability of the AGN

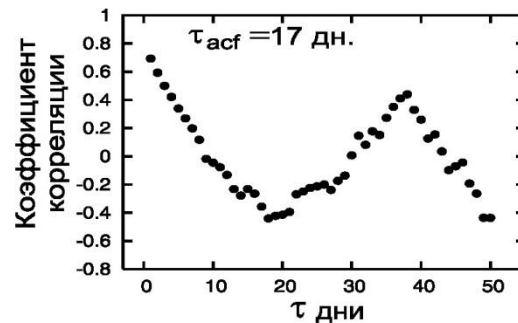
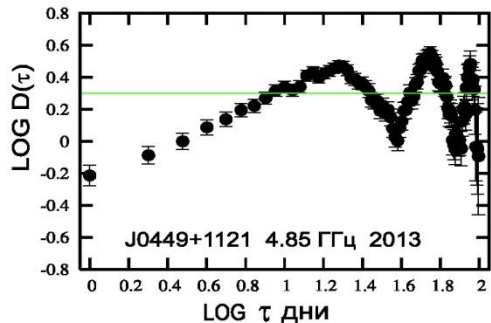
Структурная и автокорреляционная функция постоянного источника J1640+1220



Структурная и автокорреляционная функция квазара J1504+1029, $z=1.84$

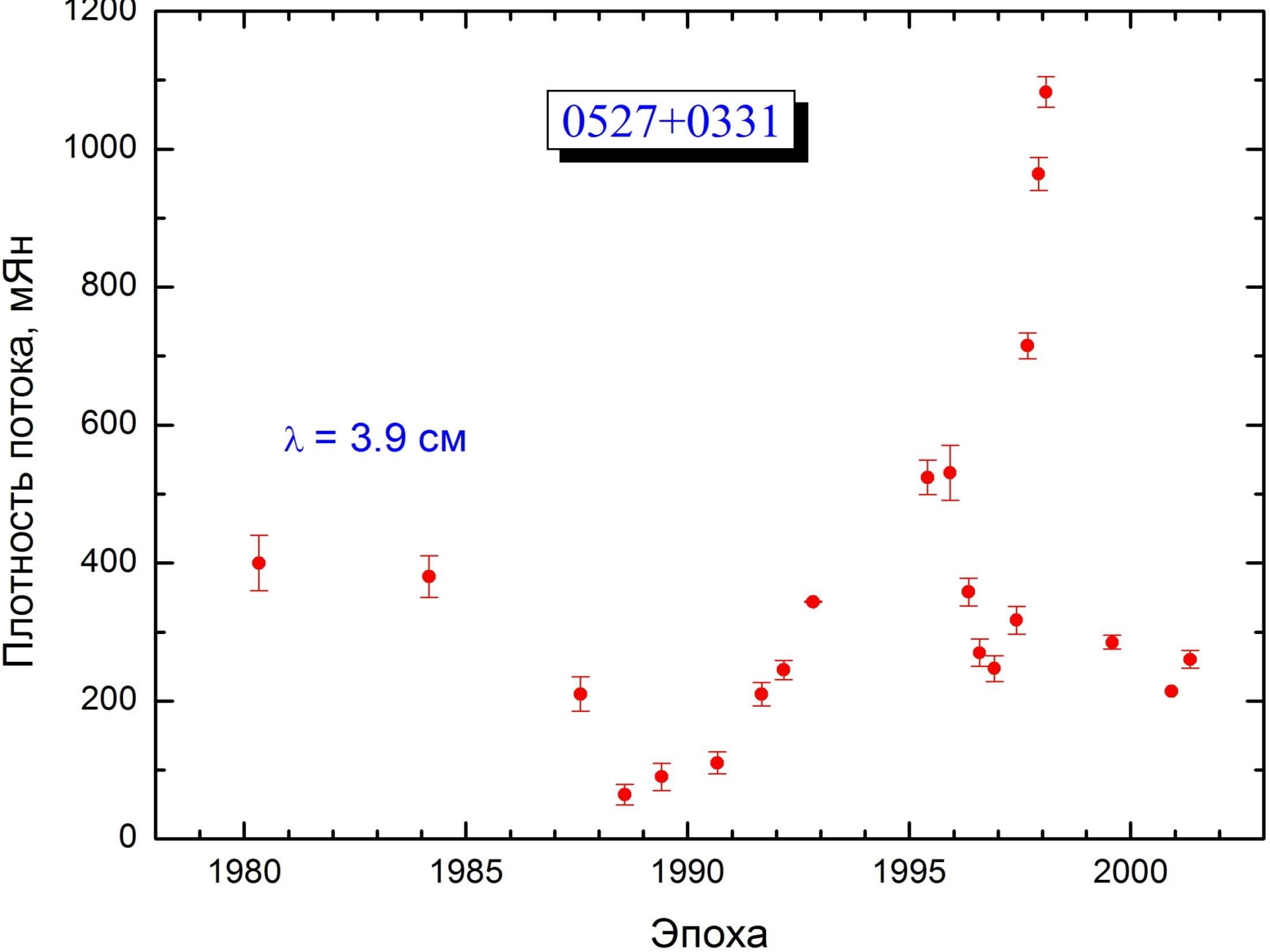


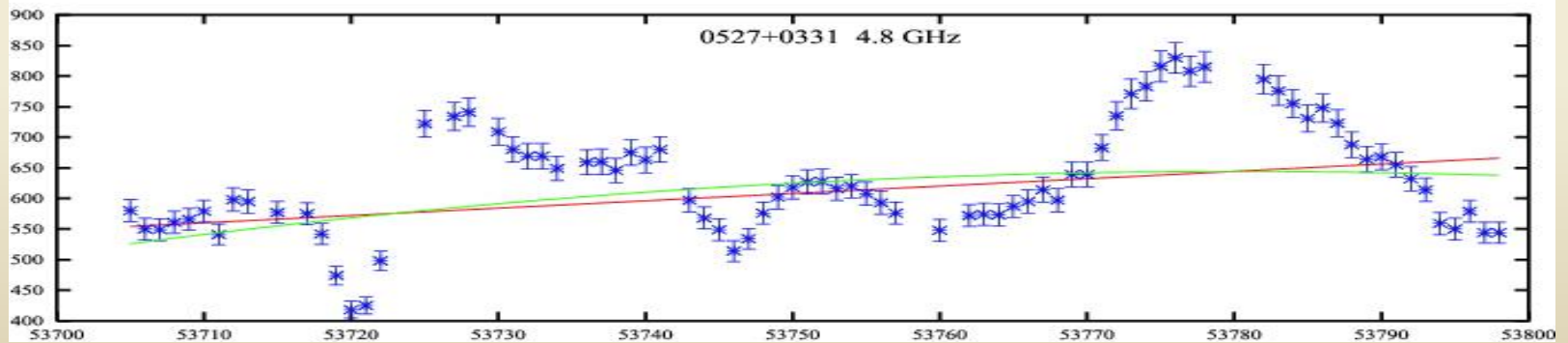
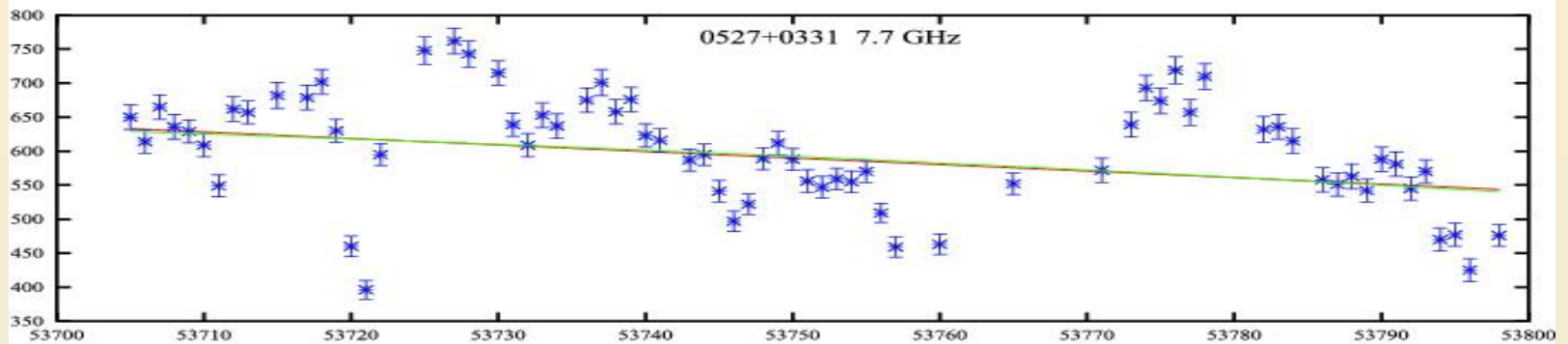
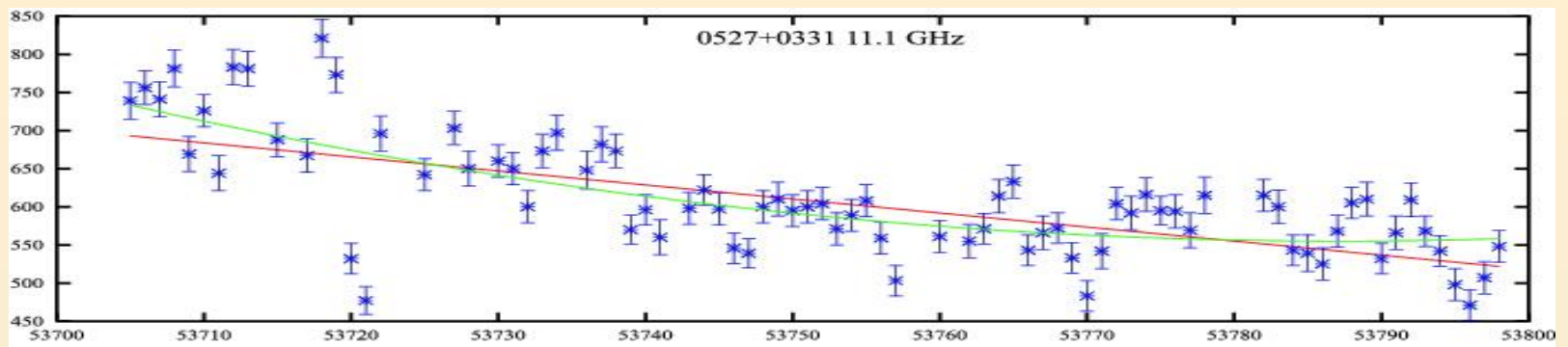
Структурная и автокорреляционная функция квазара J0449+1121, $z=1.207$



Structure and autocorrelation functions:

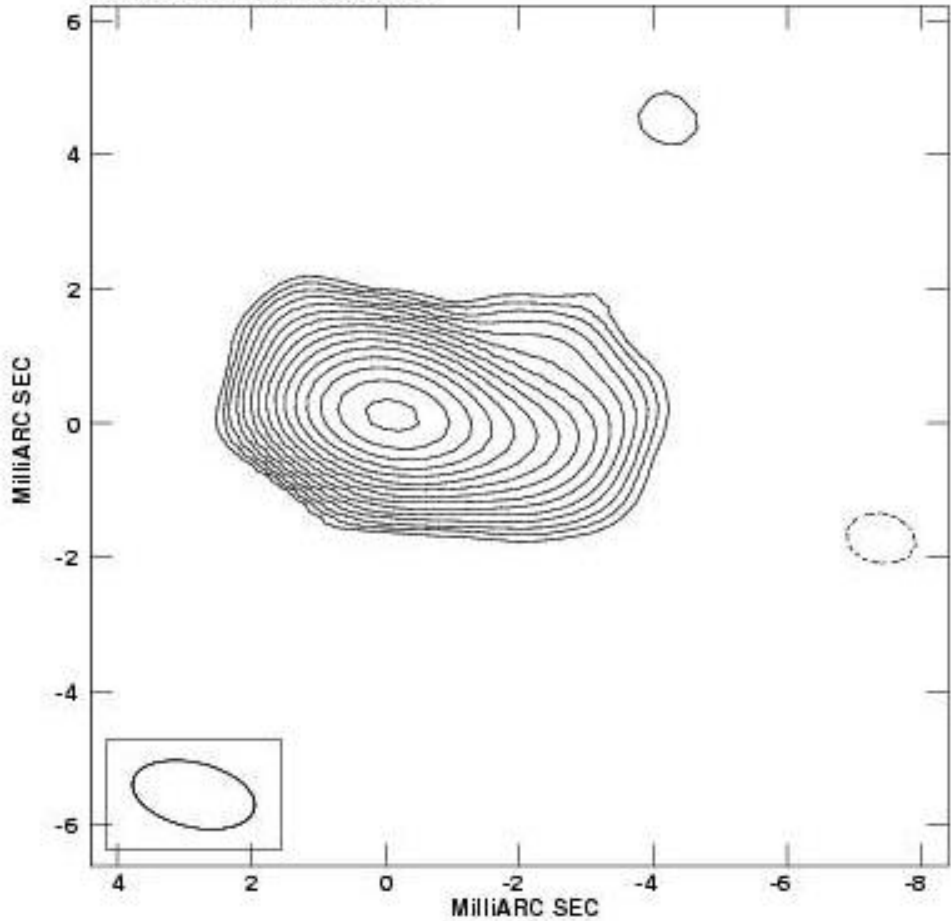
- 1) Calibrator – J1640+1220;
- 2) QSO J1504+1029 с циклической переменностью;
- 3) QSO J0449+1121 с характерным временем 17 дней и большим индексом переменности, $m = 8\%$.



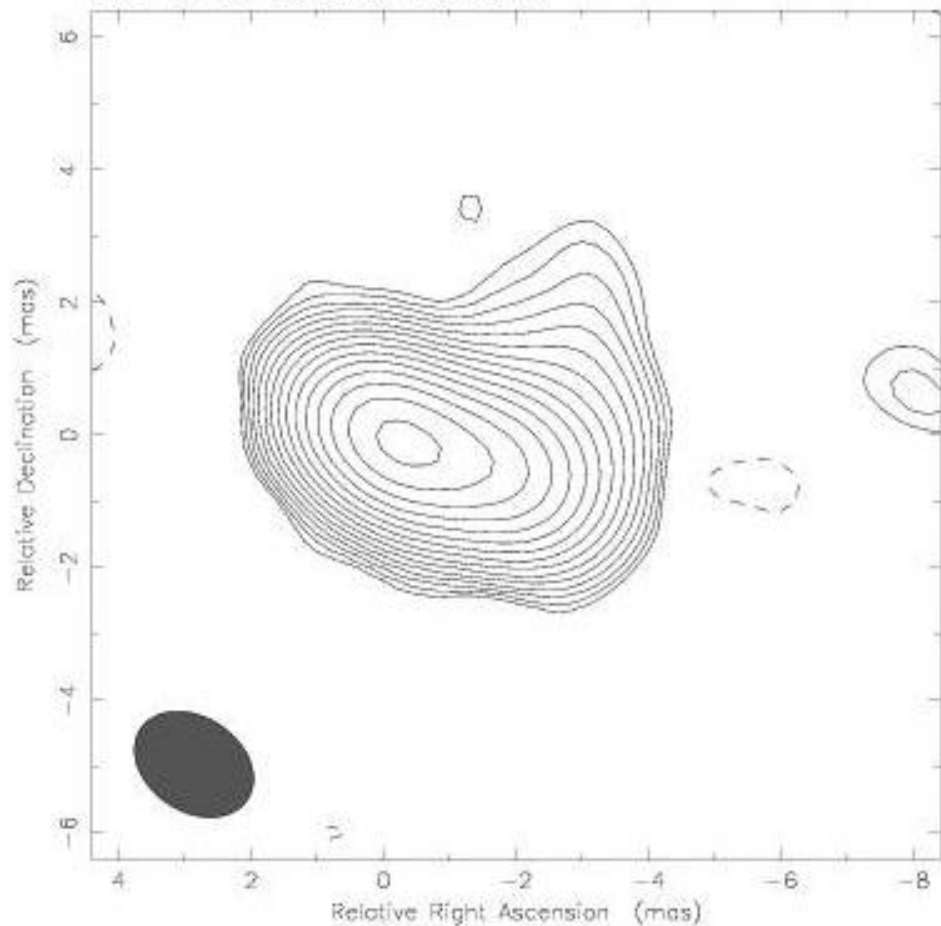


«Недельные» вариации были обнаружены в 1998 г на РАТАН-600 . Вариации носили циклический характер с характерным временем 12-16 дней.

0524+034 IPOL 4987.240 MHZ



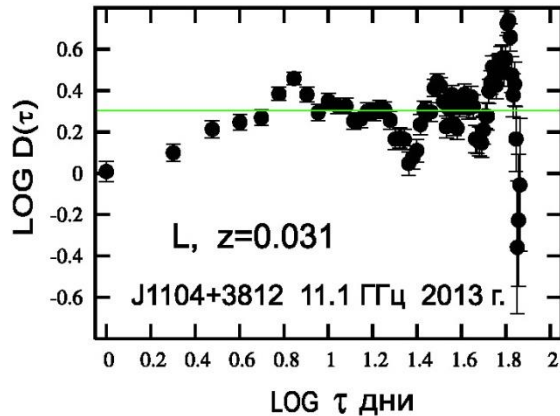
0524+034 at 4.988 GHz 1999 Sep 23



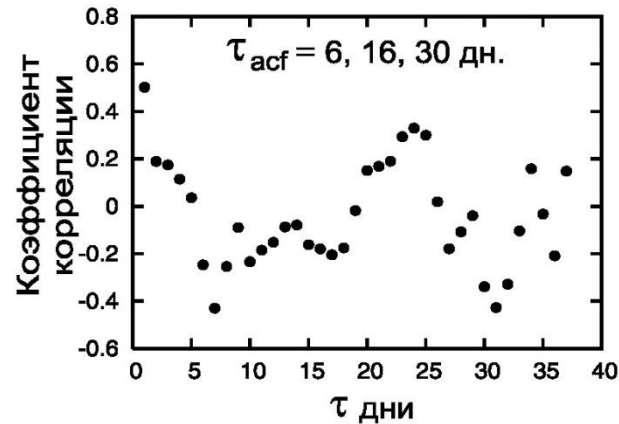
Variability of the AGN

(SAO RAS; SAI, Moscow University)

Структурная функция

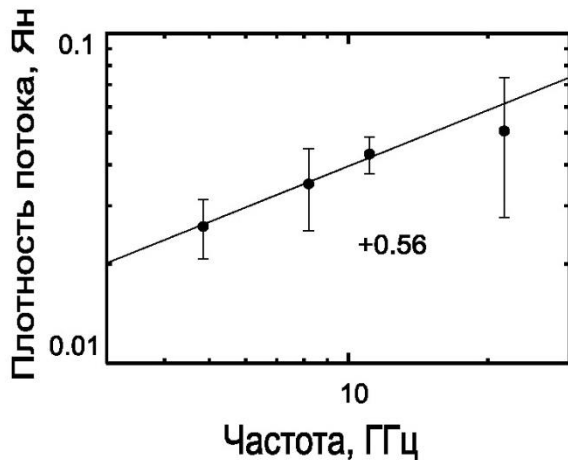


Автокорреляционная функция

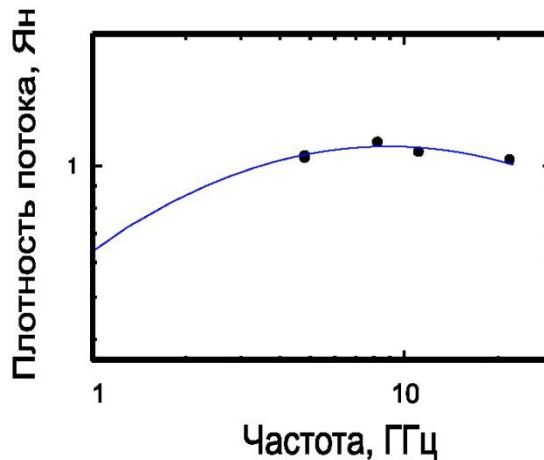


- 1) $\theta \approx 40 \mu s$ на 4.85 ГГц ;
- 2) $T_b \approx 2.8 \times 10^{12}$ К;
- 3) Допплер фактор $\delta \approx 1.4$;
- 4) Характерные времена переменности 6, 16, 30 дней.

Спектр переменной компоненты



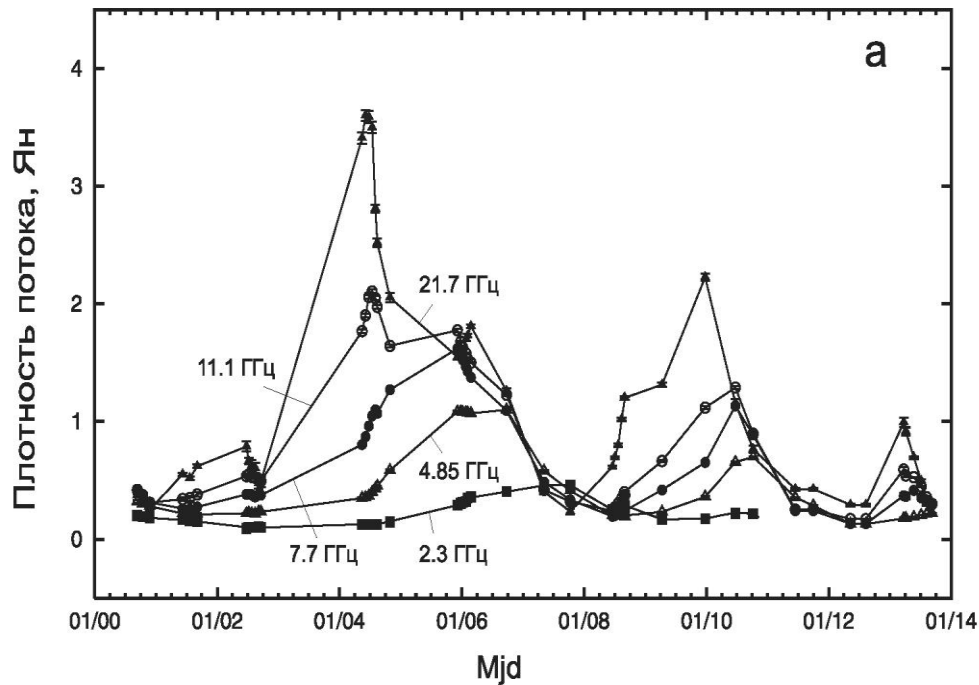
Интегральный спектр источника



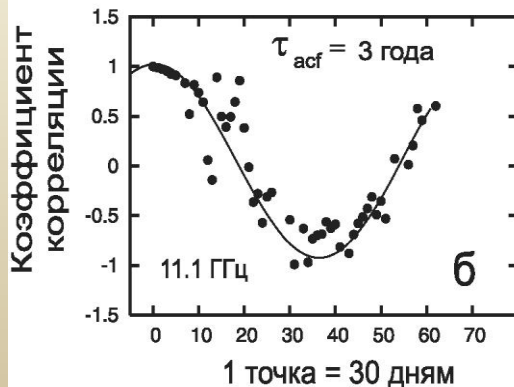
J1104+3812 (Mrk 421)

Variability of the AGN

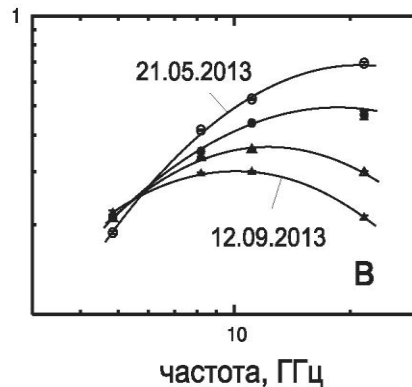
Кривая блеска источника J0010+1058 (G, z=0.089) в 2000 -2013гг.



Структурная функция

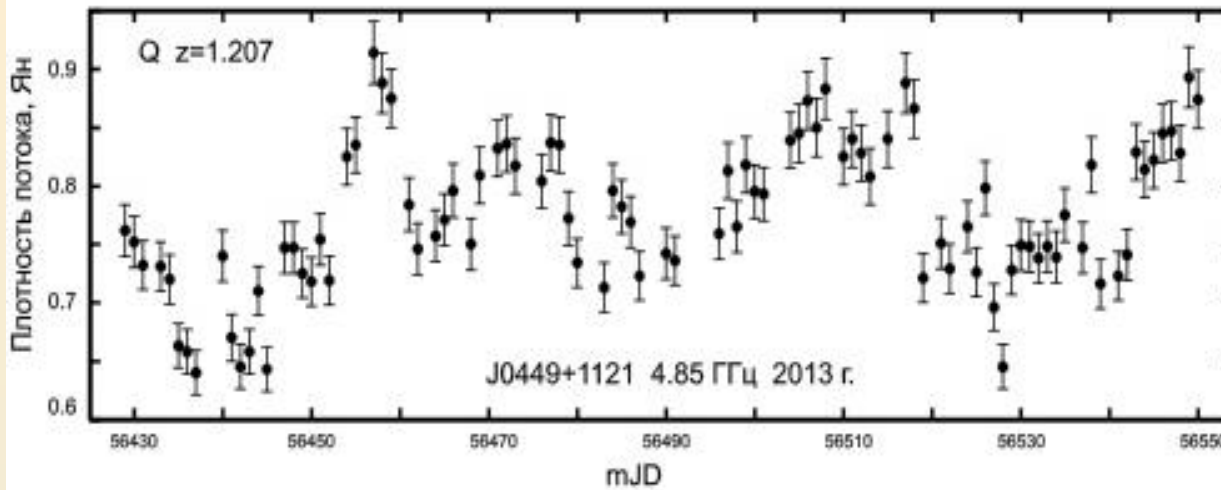


Спектр источника в 2013 г.



- 1) Характерное время вспышек ≈ 3 года;
- 2) Что дает линейные размеры излучающей области около парсека;
- 3) $T_b =$ from 2×10^{11} K to 5×10^8 K at 2.3 – 21.7 GHz.
- 4) Видно продвижение максимума к низким частотам, что характерно на спаде вспышки.
- 5) Исследуется связь наличия быстрой переменности с фазой активности долговременной переменности.

Variability of the AGN



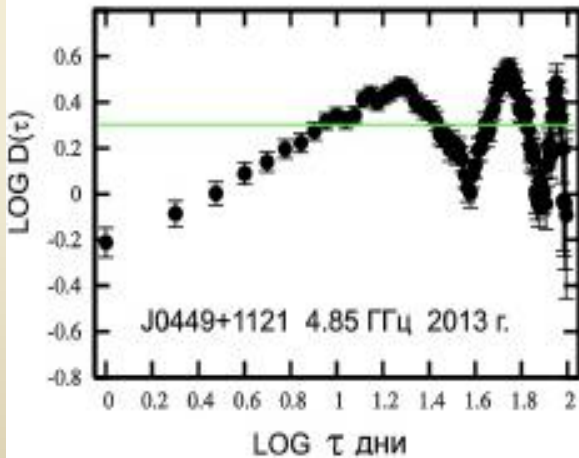
1) поиск переменности на масштабах от нескольких дней до нескольких недель;

2) поиск связи между быстрой и долговременной переменностью;

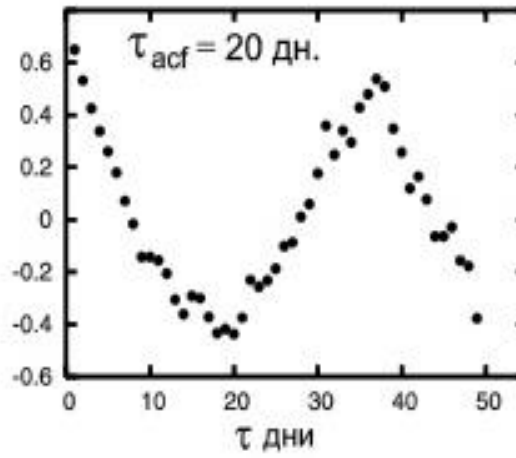
3) в случае обнаружения переменности на нескольких частотах, получение спектра переменной компоненты;

4) определение физические параметров исследуемых объектов.

Структурная функция



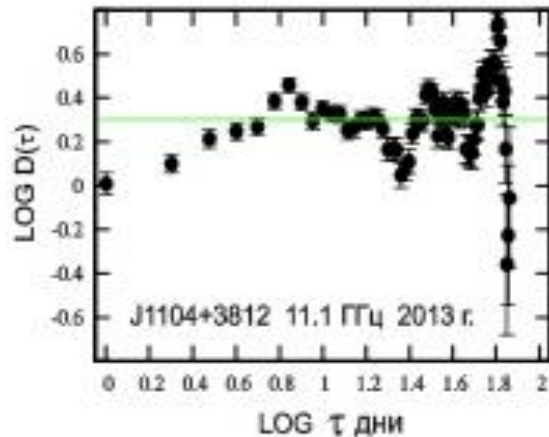
Коэффициент корреляции



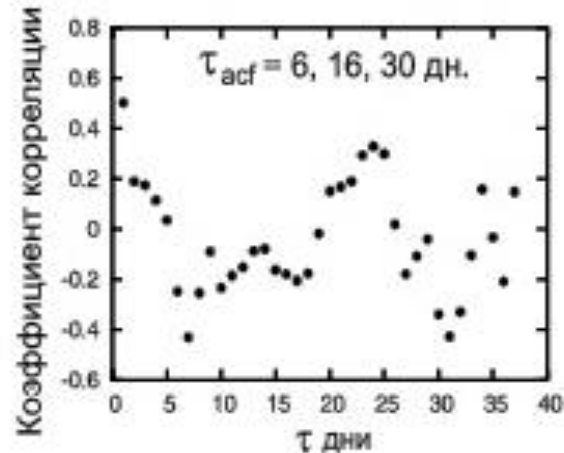
Кривая блеска, структурные и автокорреляционные функции J0449+1121

Variability of the AGN

Структурная функция



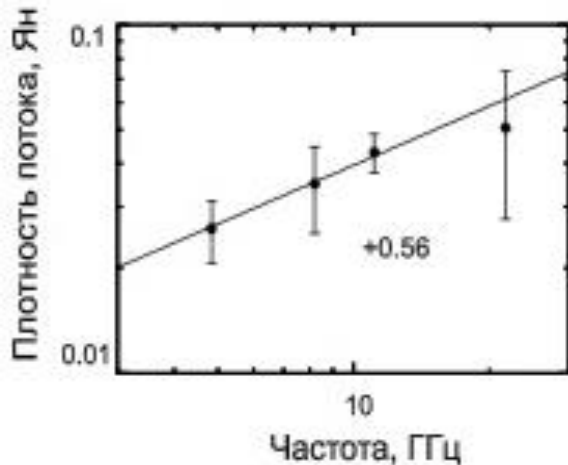
Автокорреляционная функция



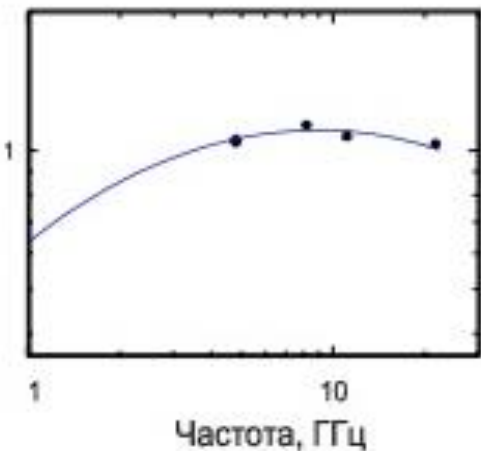
J1104+3812:

- 1) В этом источнике переменность открыта впервые.
- 2) Структурная и автокорреляционная функции показывают наличие переменности на масштабах 6, 16 и 30 дней на 4-х частотах.

Спектр переменной компоненты

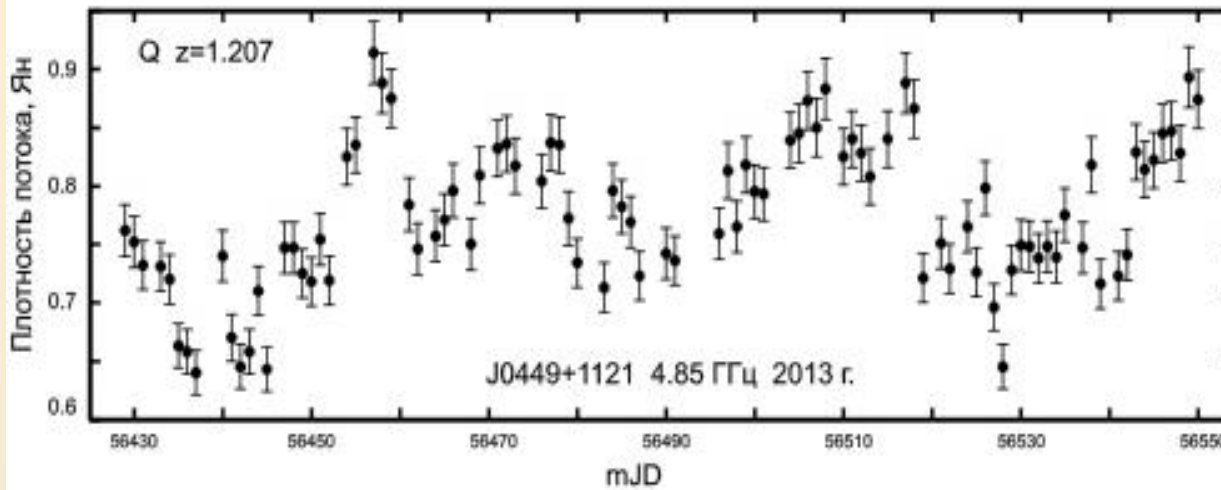


Интегральный спектр источника



- 3) Спектр переменной компоненты растет к высоким частотам с индексом +0.56,
- 4) Наиболее вероятно, что переменность в данном источнике вызывается внутренними причинами.

Variability of the AGN



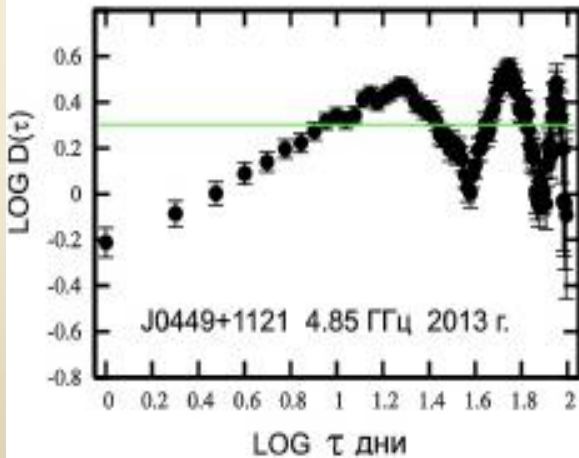
1) поиск переменности на масштабах от нескольких дней до нескольких недель;

2) поиск связи между быстрой и долговременной переменностью;

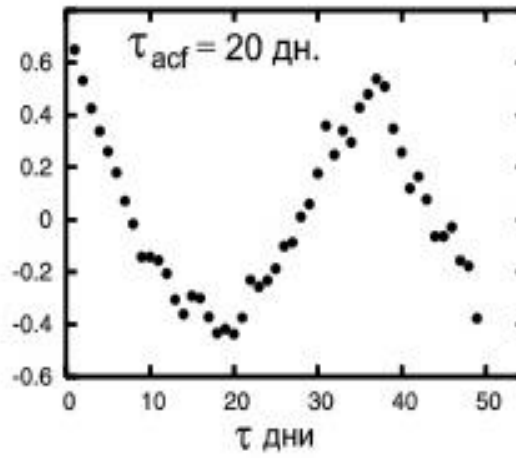
3) в случае обнаружения переменности на нескольких частотах, получение спектра переменной компоненты;

4) определение физические параметров исследуемых объектов.

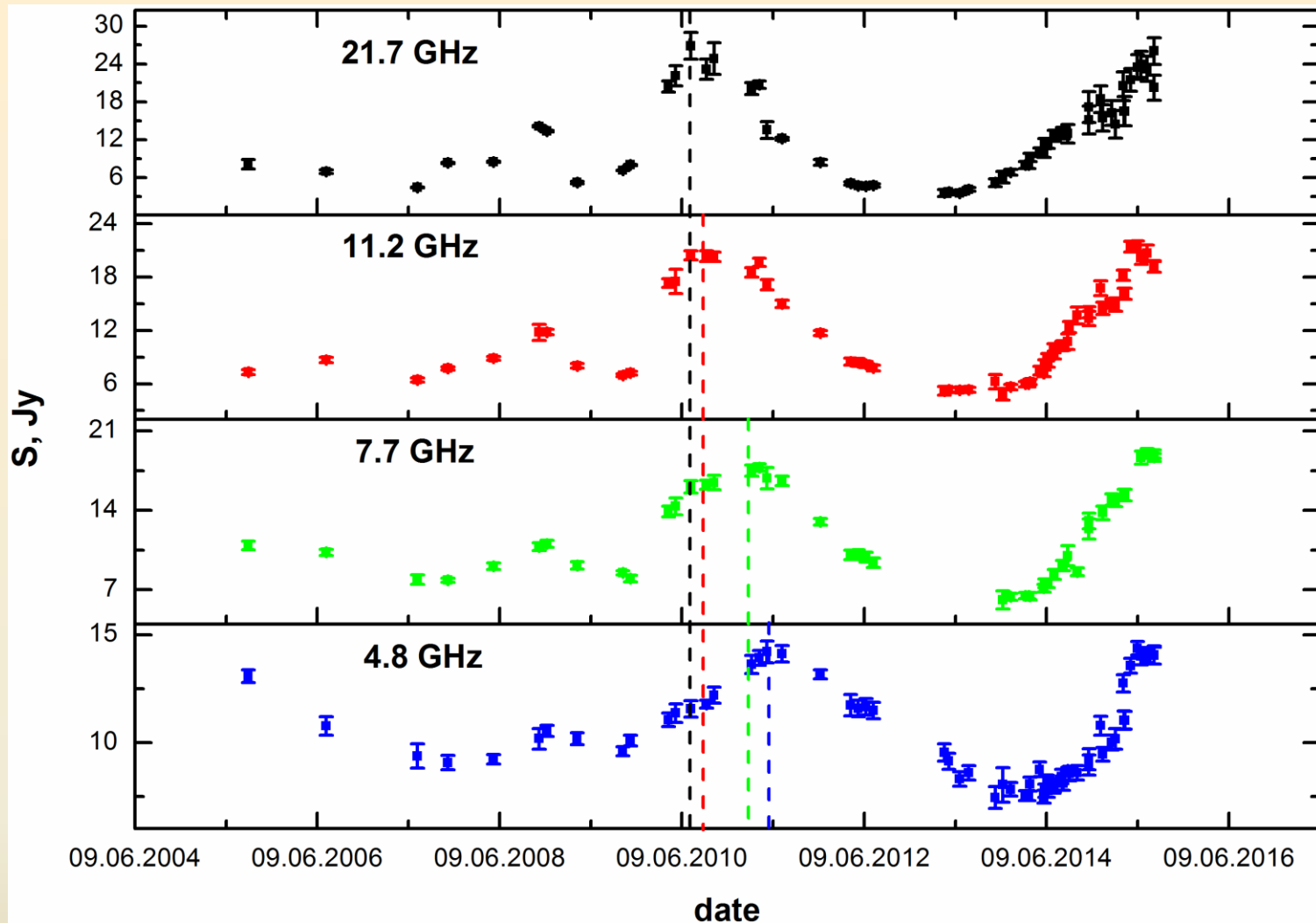
Структурная функция



Коэффициент корреляции

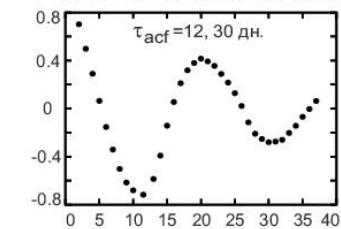
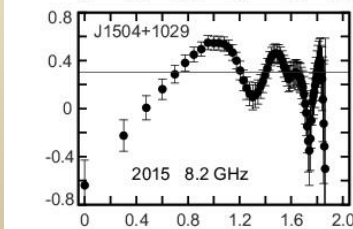
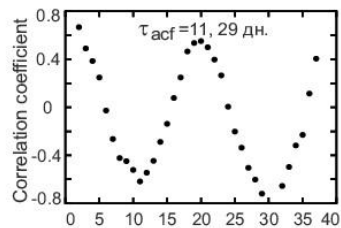
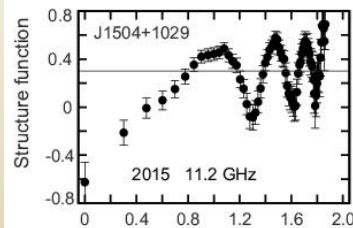
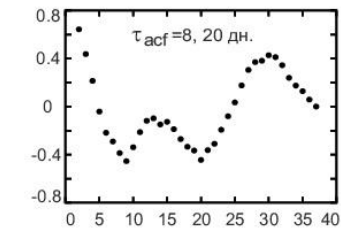
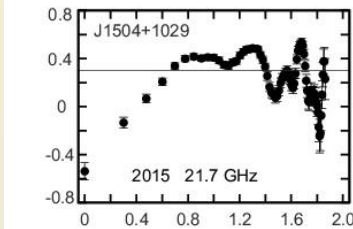
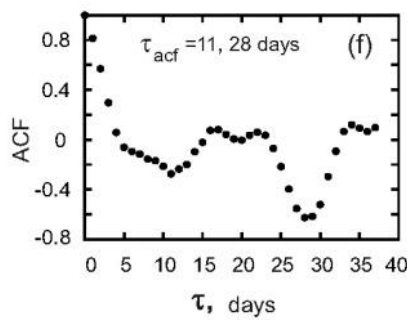
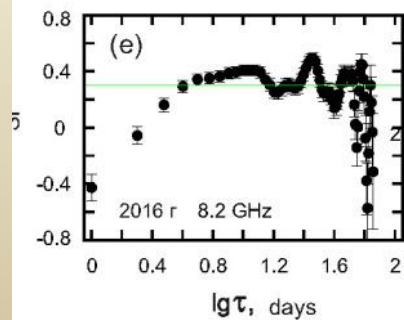
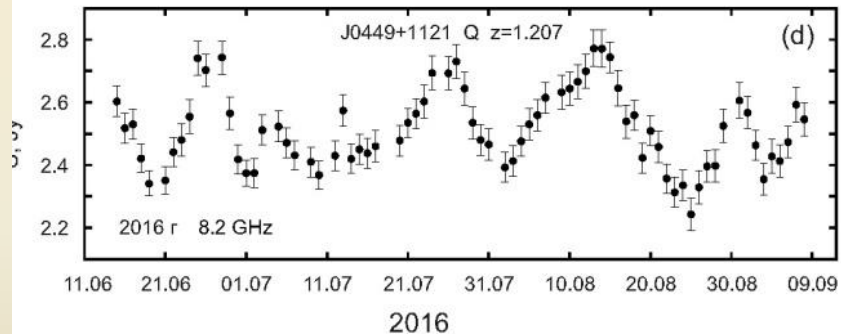
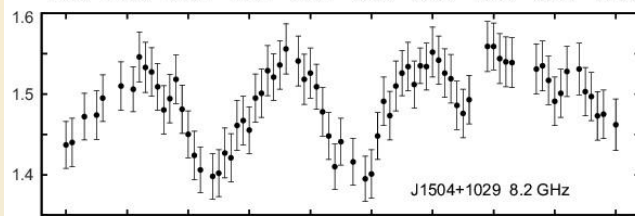
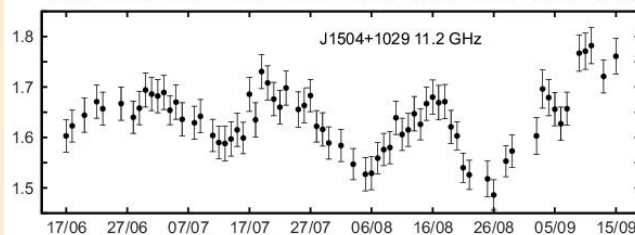
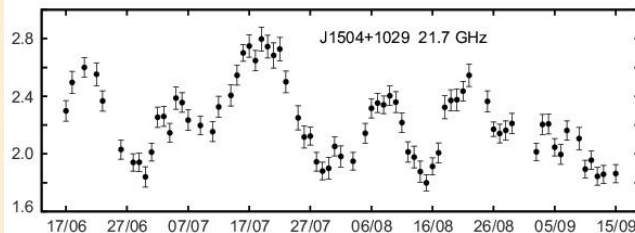
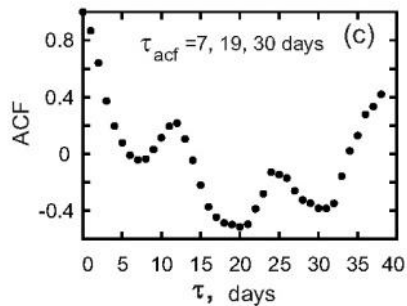
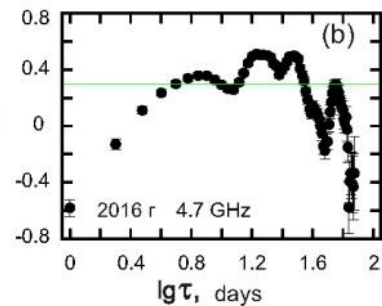
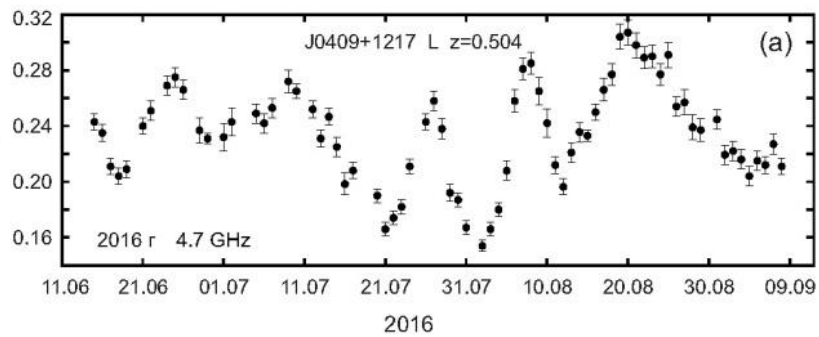


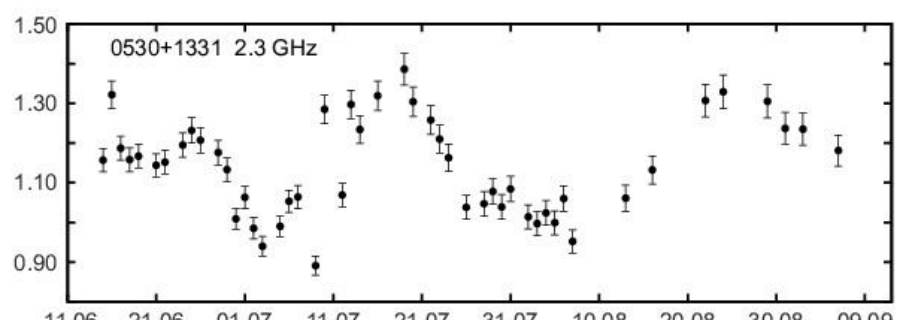
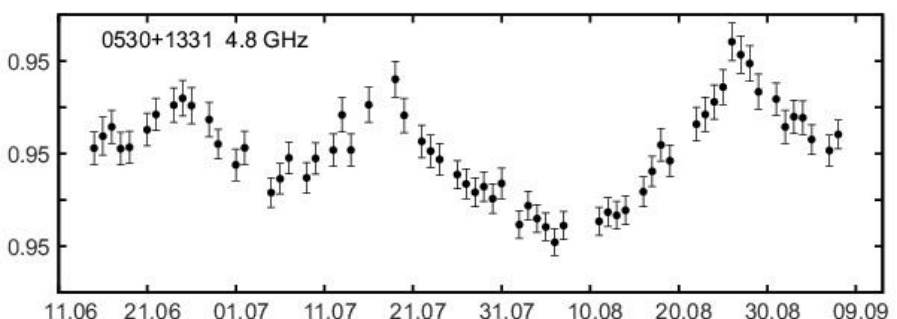
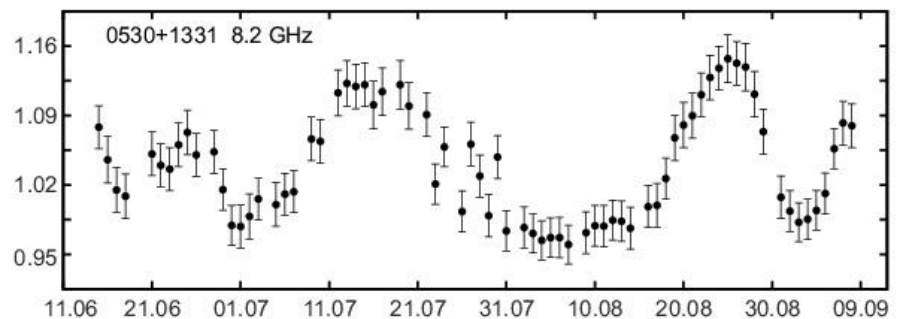
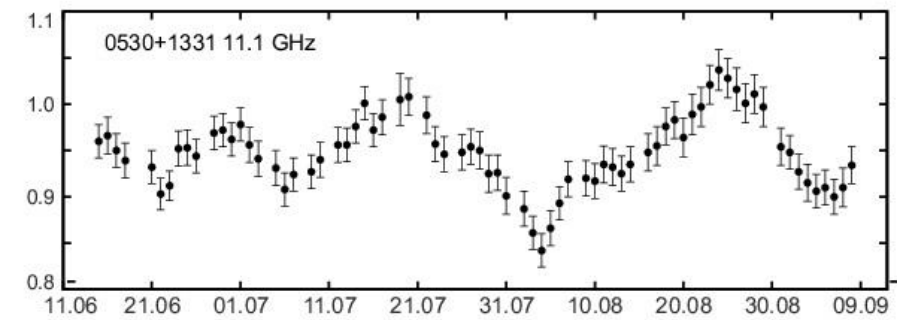
Кривая блеска, структурные и автокорреляционные функции J0449+1121



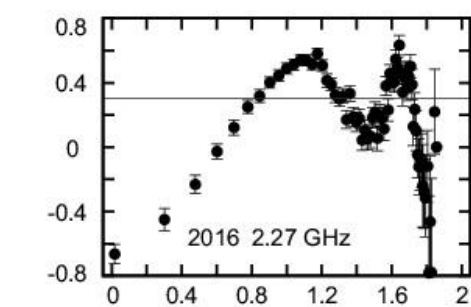
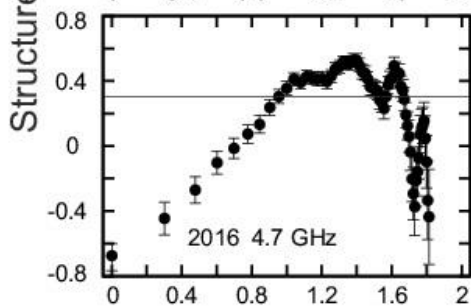
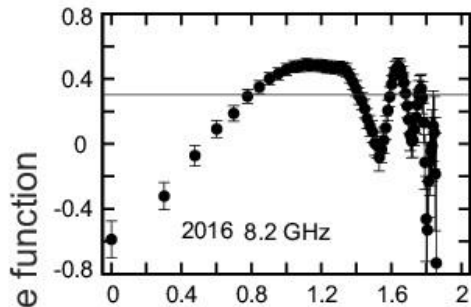
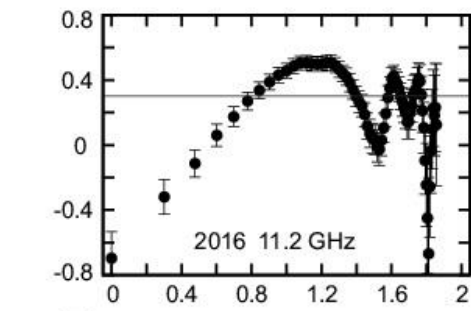
3C454.3 in 2005-2015. Мониторинг проводится с использованием двух комплексов радиометров. Ранее, в 2010 г., зафиксировано увеличение плотности потока на 21.7 ГГц до 27 Ян, через 2 месяца максимум наблюдался на 11.2 ГГц (~20 Ян) и только через пол года наблюдался максимум на частотах 7.7 и 4.8 ГГц (18 и 14 Ян, соответственно).

В настоящее время спад радиоизлучения пока не зафиксирован.



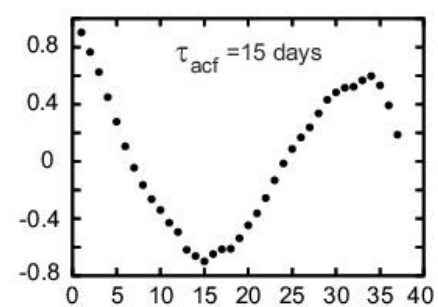
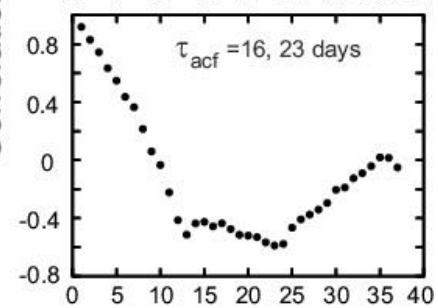
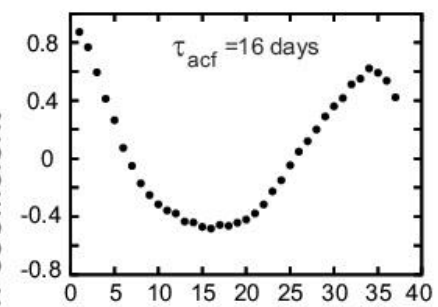
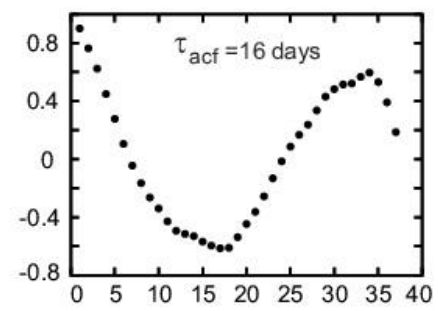


2016



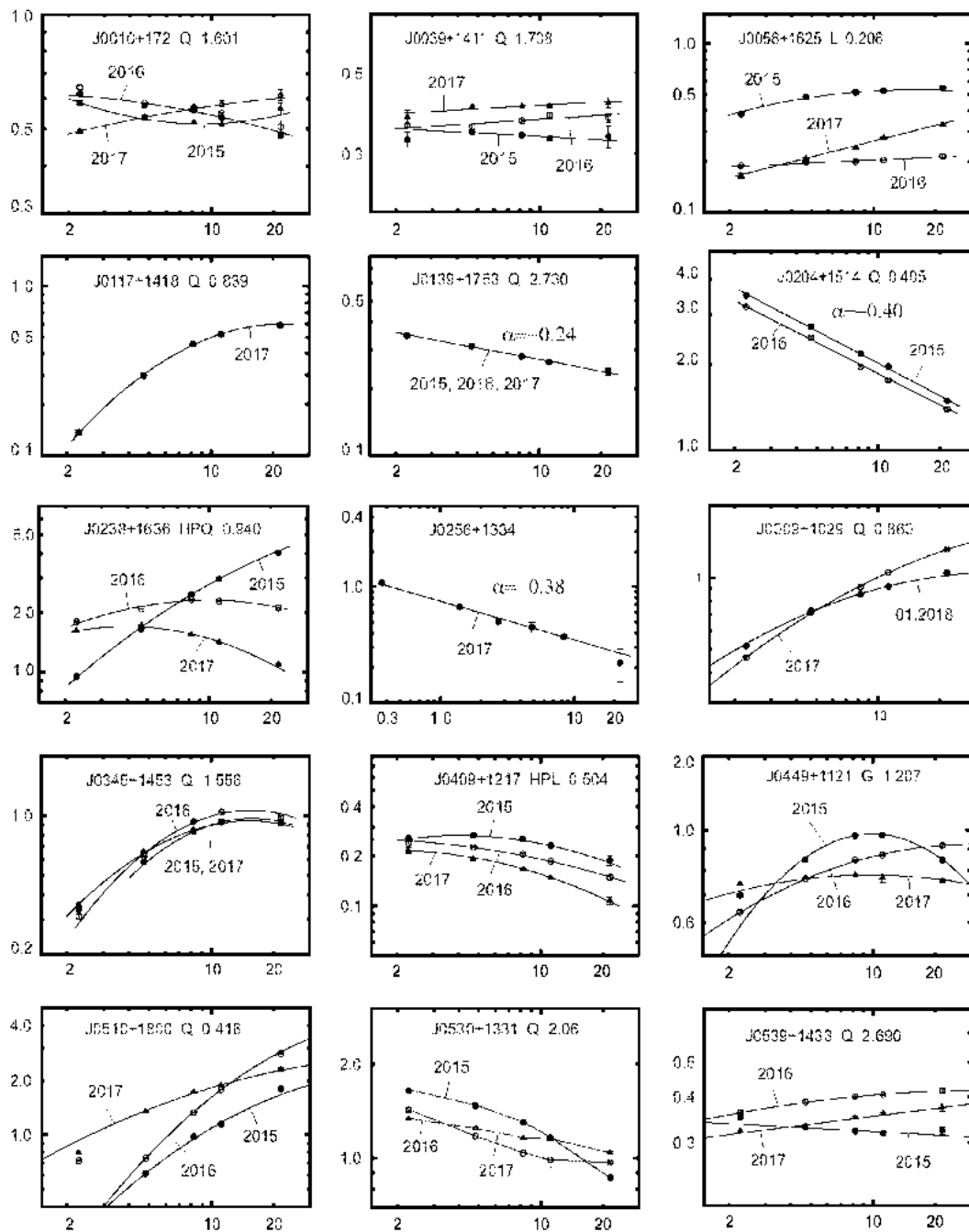
Structure function

$\lg \tau$, days

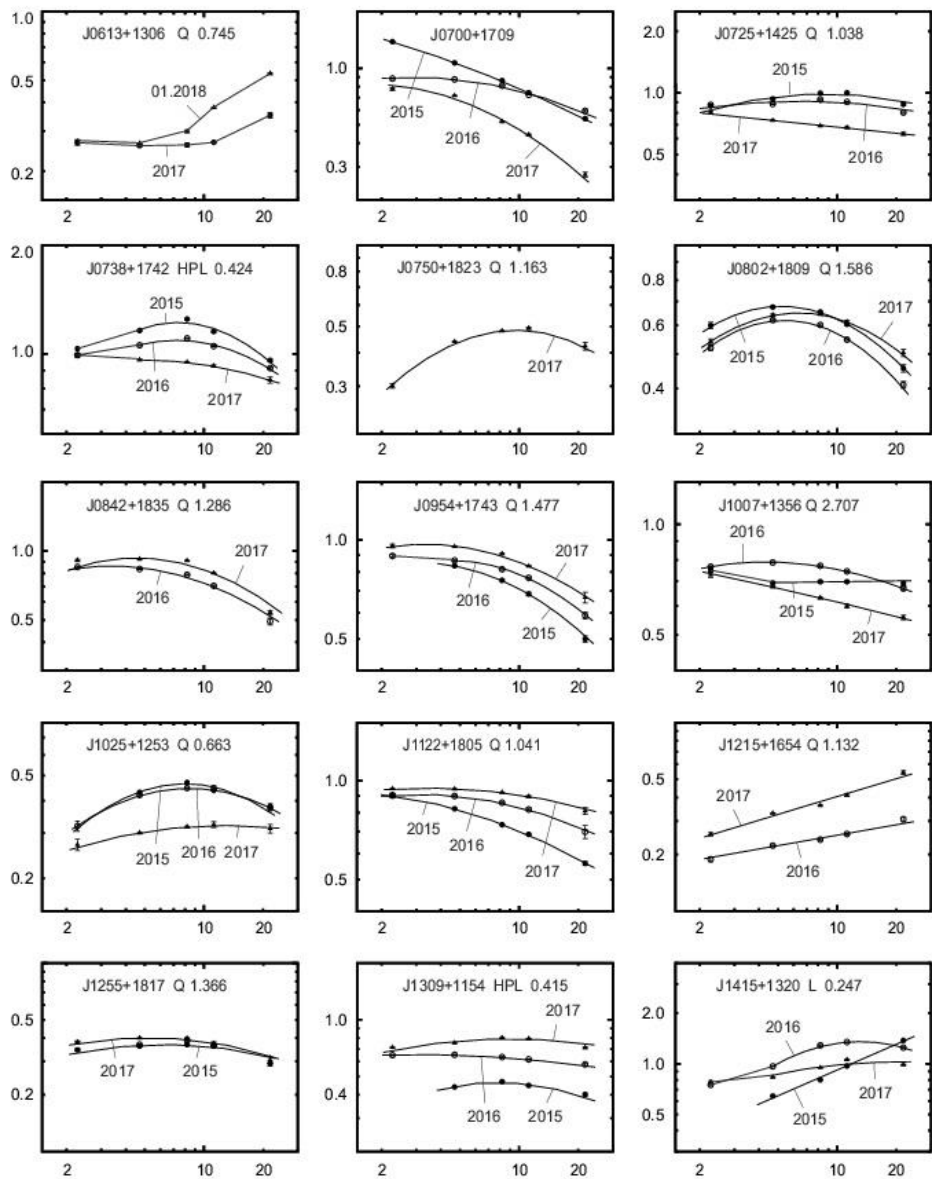


Correlation coefficient

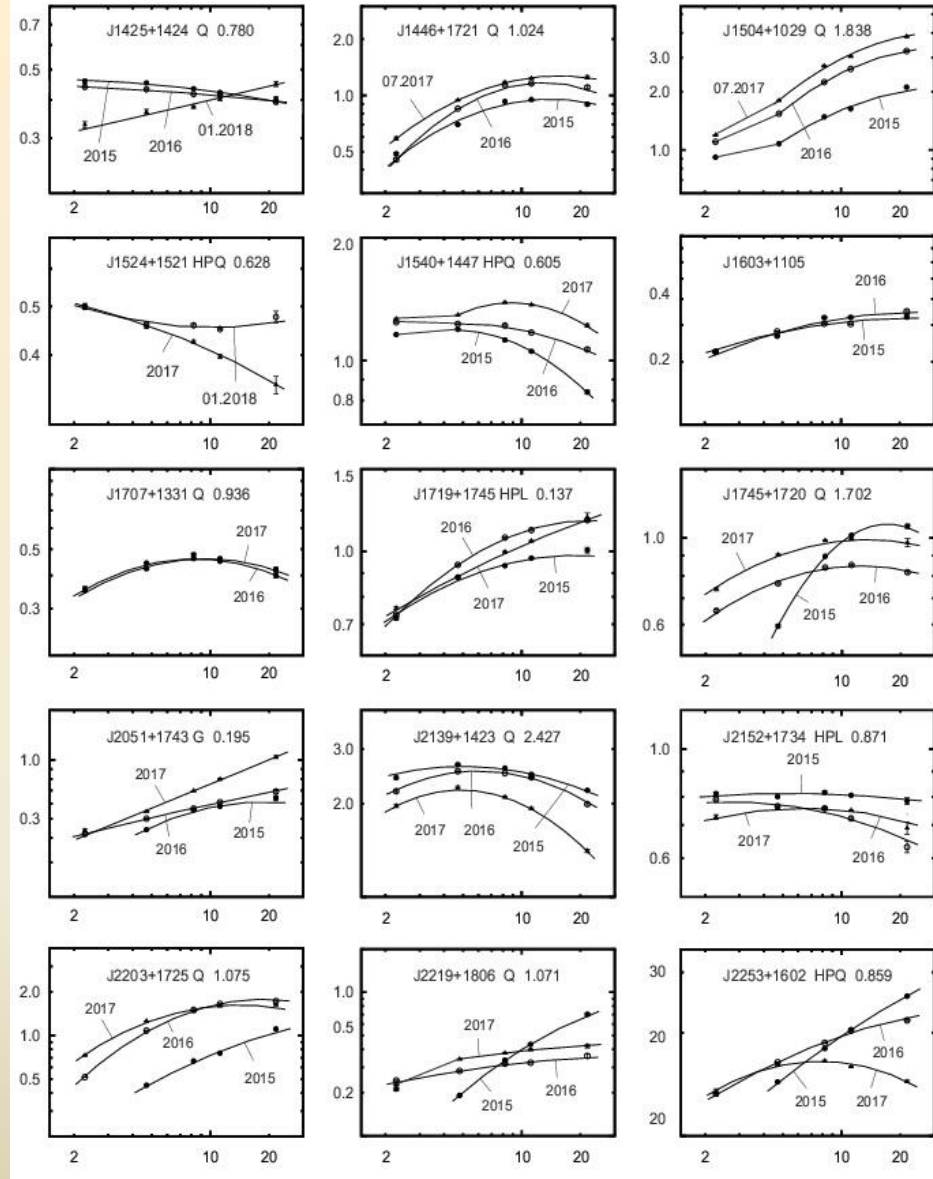
τ , days



Frequency, GHz



Frequency, GHz



Frequency, GHz

В результате более чем сорокалетних исследований переменности стало ясно, что подавляющее большинство дискретных радиоисточников обладает переменностью с характерными временными масштабами от десятков лет до десятков минут.

- 1) Долговременная переменность – следствие нестационарных процессов в АЯГ.
- 2) Переменность на масштабах месяца – может быть как собственной (*in situ*) так и вызываться рассеянием на межзвездной среде.
- 3) Переменность на суточных масштабах скорее всего имеет внешнюю причину.

Спектры

Полученные кривые блеска разделили на 3 группы, независимо от классификации объекта в оптическом диапазоне.

- 1) Медленно меняющиеся источники
- 2) Источники с изолированными вспышками.
- 3) Источники с хаотической переменностью.

Практически все однокомпонентные источники и источники с доминирующей протяженно компонентой являются медленно меняющимися источниками.

Спектры

Источники, имеющие 2 и 3 тип переменности, как правило, имеют двухкомпонентные или комплексные спектры. В своем большинстве характер переменности источников со вспышечной активностью более или менее соответствует модели в которой переменность является результатом эволюции ударной волны, распространяющейся в джете.

Спектры

Согласно этой модели, в своем развитии ударная волна проходит стадию усиления, баланса, когда сравнимы энергетические потери и энергия усиления, и затухания. Форма спектра волны соответствует спектру однородного источника и остается неизменной в процессе эволюции. По мере развития ударной волны частота максимума в спектре смещается в сторону низких частот.

Спектры

По анализу спектров радиоисточники разделили на 4 класса:

- 1) однокомпонентные источники, в которых отсутствует протяженная компонента и есть только одна компактная компонента. В большинстве это так называемые GPS или HPS источники с максимумами в гигагерцовом диапазоне;
- 2) двухкомпонентные источники, в которых присутствуют протяженная и одна компактная компонента;

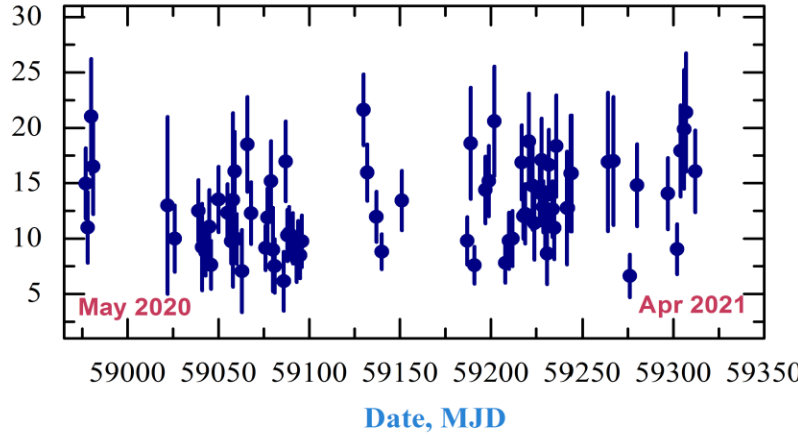
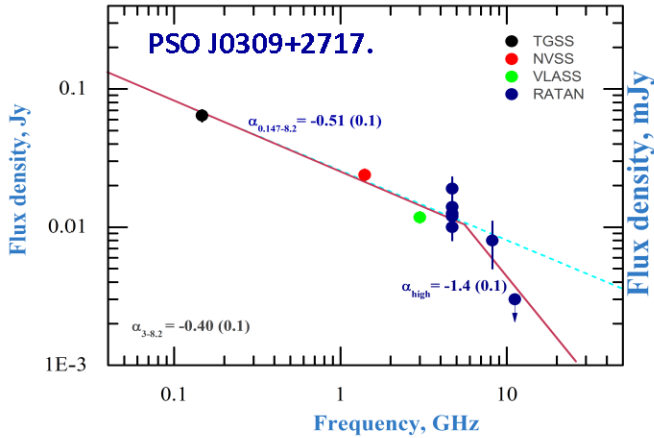
Спектры

- 3) источники с доминирующей протяженной и слабой компактной компонентой. По сути это тоже двухкомпонентные источники, но влияние компактной компоненты сказывается лишь в уплощении спектра на высоких частотах;
- 4) источники с комплексными спектрами, в которых может быть протяженная компонента и одновременно наблюдается две или более компактные компоненты.

1. В 40 источниках удалось определить видимое характерное время вспышки, что позволило для объектов с измеренными красными смещениями определить видимые угловые размеры и яркостные температуры.
2. В 14 источниках $T_b > 10^{12}$ К. Для этих источников средняя величина Допплер-фактора равно $D_{var} = 2.0$. У всех квазаров с истинными линейными размерами меньше 0.29 пк значение T_b превышает комптоновский предел. Причина столь резкой границы по линейным размерам не ясна.

3. Существует незначительное количество радиоисточников в которых при вариациях плотности потока вид спектра остается неизменным. Мы полагаем, что в этом случае переменность вызвана изменением луча зрения между джетом и направлением на наблюдателя (*прецессия джета*).
4. 4. Характеристики компактных компонент квазаров с $T_b < 10^{12} \text{K}$ не зависят от красного смещения. Это следует из отсутствия зависимости от z :
- линейных размеров излучающих областей во вспышках;
 - индексов переменности V и V_f ;
 - частот максимумов в спектрах компактных компонент.

Мы считаем, что это является аргументом в пользу отсутствия космологической эволюции квазаров по крайней мере до $z=3$.

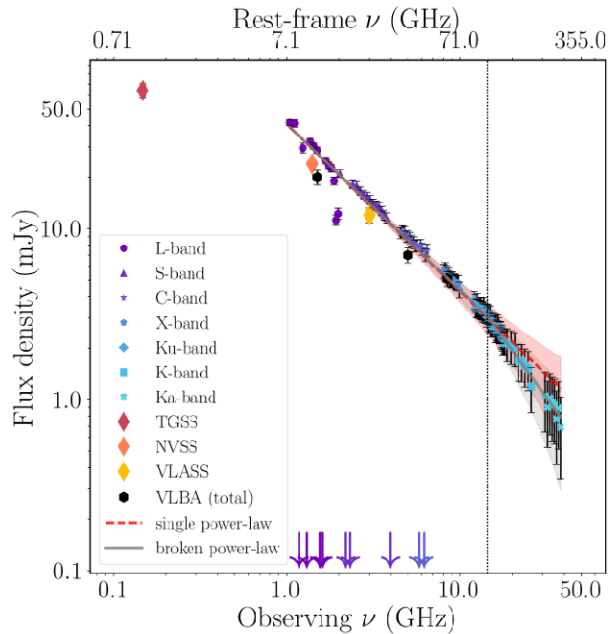


Light curve of the PSO J0309+2717 at 4.7 GHz constructed using measurements with S/N > 1.5, F=0.28 (0.02) (May 2020 - Apr 2021).

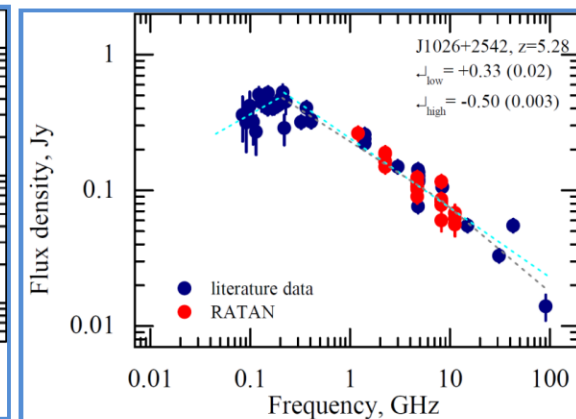
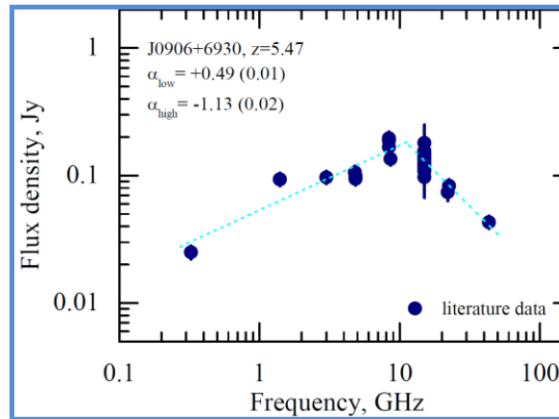
$$F_{var} = \sqrt{\frac{V^2 - \sigma_{err}^2}{\bar{x}^2}}$$

$$\Delta F_{var} = \sqrt{\left(\sqrt{\frac{1}{2N}} \frac{\sigma_{err}^2}{F_{var} * \bar{x}^2}\right)^2 + \left(\sqrt{\frac{\sigma_{err}^2}{N}} \frac{1}{\bar{x}^2}\right)^2}$$

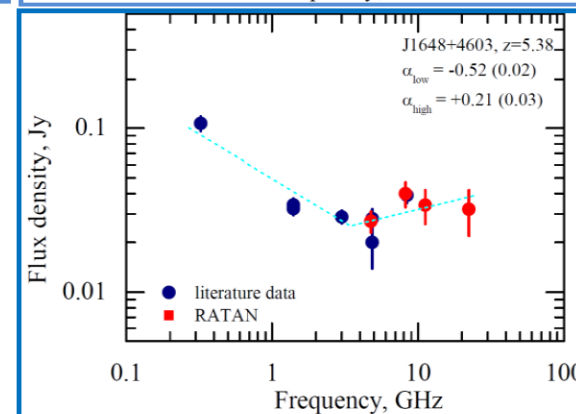
Radio continuum spectrum of J0309+2717.



VLBA measurements, Spingola et al., 2020



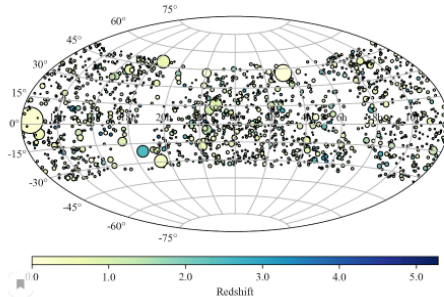
Radio spectra of three most distant blazars at redshifts z>5. Blue points are from literature and CATS, red points are the RATAN-600 measurements.



Blcat – RATAN-600 multi-frequency data for blazars



RATAN-600 multi-frequency data for blazars



Blcat Edition 1.3, April 2021

M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova, R.Yu. Udovitskiy, T.V. Mufakharov, E.Nieppola, and A.K. Erkenov

Original 2014 edition: [A&A 572, A59](#)

BL Lacs and cand. FSRQs Uncertain type All

1 to 415 of 415 rows

- [login](#)
- [Data Usage Policy](#)
- [Column description](#)
- [Help](#)
- [Export main Table and RATAN-600 data](#)
- [Show/Hide columns](#)

| <input type="checkbox"/> check all | RATAN data | Set stat | Source name | Ra | Dec | Flux density at 4.8 GHz [Jy] stat | Redshift stat | Rmag stat | Blazar type stat |
|------------------------------------|-------------------------------|----------|----------------|----------|-----------|-----------------------------------|---------------|-----------|------------------|
| <input type="checkbox"/> 62 | Data explorer | 21 | PKS 0219-164 | 02 22 00 | -16 15 16 | 0.28 | 0.898 | 18.4 | FSRQ |
| <input type="checkbox"/> 63 | Data explorer | 24 | PKS 0306+102 | 03 09 03 | 10 29 16 | 0.63 | 0.863 | 19.9 | FSRQ |
| <input type="checkbox"/> 85 | Data explorer | 26 | S40340+3 | 03 43 28 | 36 22 12 | 0.36 | 1.485 | 20.2 | FSRQ |
| <input type="checkbox"/> 94 | Data explorer | 33 | 5BZQJ0422+0219 | 04 22 52 | 02 19 27 | 1.17 | 2.277 | 19.3 | FSRQ |

Mingaliev et al., A&A, 2014

www.sao.ru/blcat

2005-2021 rr. (~1200)

A&A 572, A59 (2014)
DOI: 10.1051/0004-6361/201424437
© ESO 2014

Astronomy & Astrophysics

RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lacertae objects* (Research Note)

M. G. Mingaliev^{1,2}, Yu. V. Sotnikova¹, R. Yu. Udovitskiy¹, T. V. Mufakharov¹, E. Nieppola^{3,4}, and A. K. Erkenov¹

¹ Special Astrophysical Observatory of RAS, 369167 Nizhniy Arkhyz, Russia
e-mail: [marat; s.jv]@sao.ru

² Kazan Federal University, 18 Kremlyovskaya St., 420008 Kazan, Russia

³ Finnish Centre of Astronomy with ESO (FINCA), University of Turku, Väisälantie 20, 21500 Piikkiö, Finland

⁴ Aalto University Metsähovi Radio Observatory, Metsähovintie 114, 02540 Kylmälä, Finland

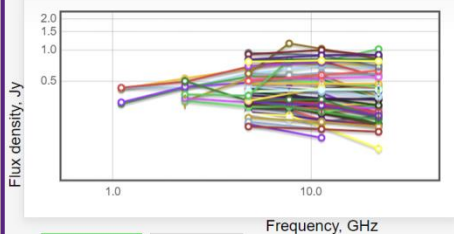
Received 19 June 2014 / Accepted 4 September 2014

RATAN blazars sample
 $S_{1.4} > 100$ mJy, $-35^\circ < \text{Dec} < 45^\circ$

Radio spectra

Object: 002232+060804

R.A.(J2000) = 00 22 32 Dec (J2000) = 06 08 05



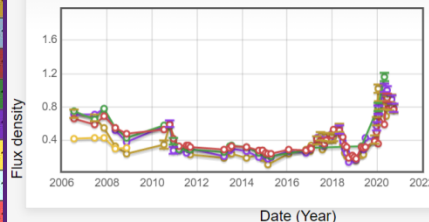
Show CATS data (1059)
[export cats data](#)

- Date
- 2006-07-15
 - 2007-06-15
 - 2007-11-15
 - 2008-05-15
 - 2008-11-15
 - 2010-07-15
 - 2010-10-15
 - 2010-12-15
 - 2011-03-15
 - 2011-07-15
 - 2011-08-15
 - 2011-09-15
 - 2013-03-15
 - 2013-06-15

Light curves

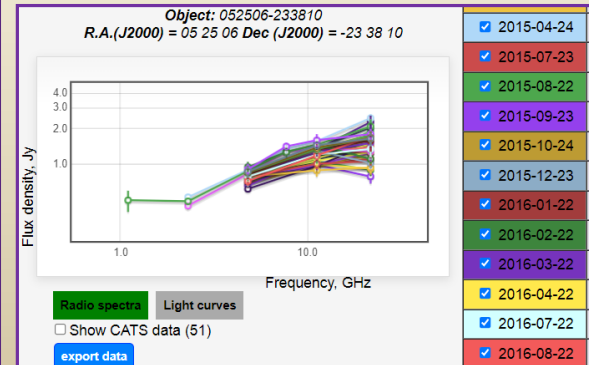
Object: 002232+060804

R.A.(J2000) = 00 22 32 Dec (J2000) = 06 08 05



Show CATS data (1059)
[export cats data](#)

- Date
- 2006-07-15
 - 2007-06-15
 - 2007-11-15
 - 2008-05-15
 - 2008-11-15
 - 2010-07-15
 - 2010-10-15
 - 2010-12-15
 - 2011-03-15
 - 2011-07-15
 - 2011-08-15
 - 2011-09-15
 - 2013-03-15
 - 2013-06-15



Show CATS data (51)
[export data](#)

- Date
- 2015-04-24
 - 2015-07-23
 - 2015-08-22
 - 2015-09-23
 - 2015-10-24
 - 2015-12-23
 - 2016-01-22
 - 2016-02-22
 - 2016-03-22
 - 2016-04-22
 - 2016-07-22
 - 2016-08-22

Изучение нестационарных процессов в ядрах галактик приводит к чрезвычайно обширным и сложным проблемам, не ограниченным чисто астрофизическими рамками, а захватывающими различные области физики в целом. Сюда относятся проблемы гравитационного коллапса и проблемы физики «черных дыр», новые проблемы динамики галактик, а также грандиозные явления разрушения звезд приливными силами ядра. Многие из этих проблем находятся в самой начальной стадии своего излучения; мощный импульс для их постановки и развития был дан при изучении новых, полученных лишь в последние годы результатов астрономических наблюдений.

“Non-stationary phenomena in galaxies”, Dibai E.A. June, 1977.

С момента слов Эрнеста Дибая о нестационарных явлениях в галактиках прошло более 50 лет, но они до сих пор остаются актуальными.

И для получения ответа на эти вопросы нам понадобятся:

- 1) Развитие и совершенствование теории;
- 2) Новые наблюдения;
- 3) И, конечно же, новые инструменты для этих наблюдений!

Спасибо за внимание!

