

Природа переменности  
дискретных источников  
радиоизлучения на различных  
временных масштабах.

Горшков А.Г., Конникова В.К.

ГАИШ МГУ

Мингалиев М.Г.

САО РАН

- В результате более чем сорокалетних исследований 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 АГЯ.
- 2. Переменность на масштабах месяца – может быть как собственной так и вызываться рассеянием на межзвездной среде.
- 3. Переменность на суточных масштабах скорее всего имеет внешнюю причину.

# Характеристики исследуемой выборки

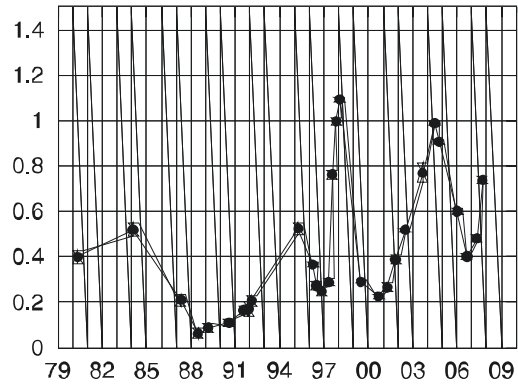
- Более 20 лет мы исследуем переменность полной по плотности потока выборки ( $S_{3.9} > 200$  мЯн) из Зеленчукского обзора в области склонений  $4^{\circ} - 6^{\circ}$  (J1950), в интервале прямых восхождений  $0 - 24$  и  $|b| > 15^{\circ}$ . В выборке 70 источников с нормальными и 68 источников с плоскими спектрами.
- Оптические отождествления. Отождествлено 56 объектов (82%), из них 41 квазар, 5 BL Lac и 5 галактик различных типов.
- Спектры. Получены спектры всех источников в диапазоне 0.97-21.7 ГГц

# Спектры

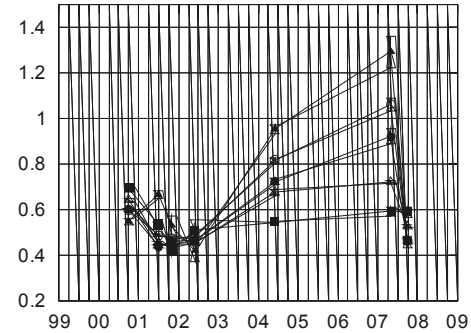
- Радиоисточники мы разделили на 4 класса:
- 1- однокомпонентные источники, в которых отсутствует протяженная компонента и есть только одна компактная компонента. В большинстве это так называемые GPS или HPS источники с максимумами в гигагерцовом диапазоне;
- 2- двухкомпонентные источники, в которых присутствуют протяженная и одна компактная компонента;
- 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.

- Мы разделили все полученные за 20 лет световые кривые 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.
- 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. 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.

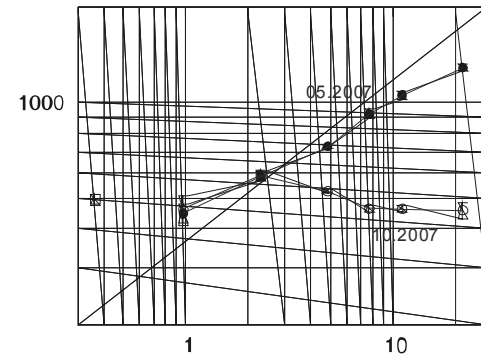
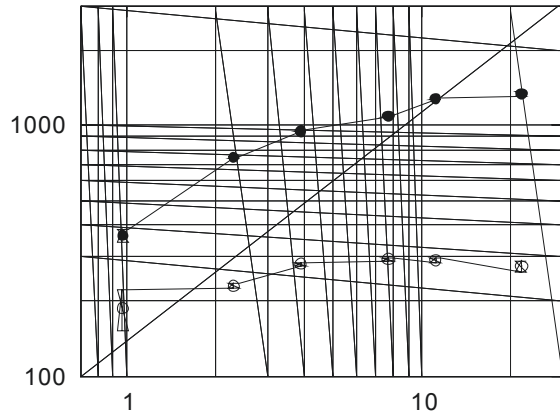
КРИВАЯ БЛЕСКА ИСТОЧНИКА J0527+0331 НА 7.7 ГГц

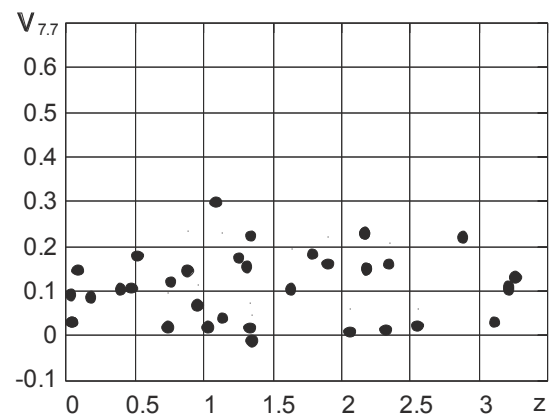
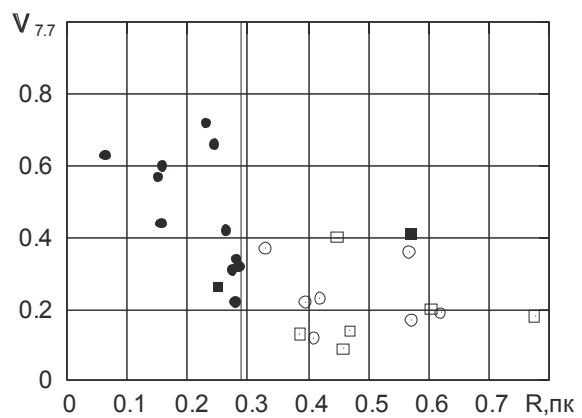
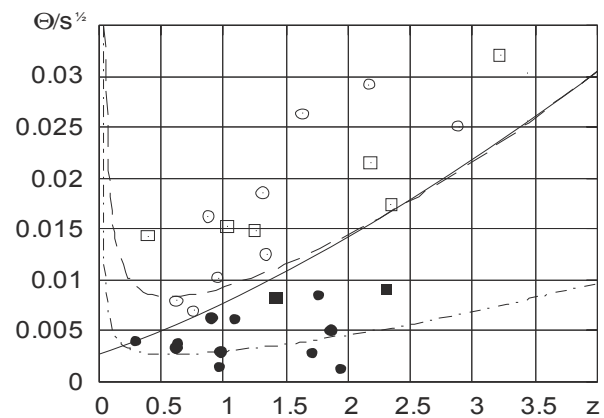
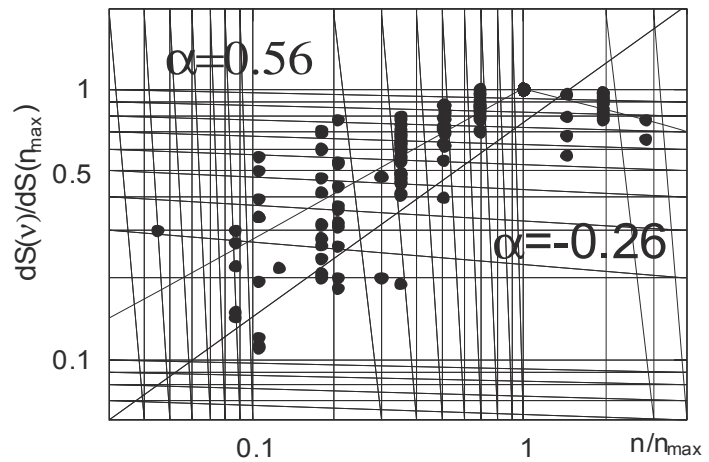


КРИВАЯ БЛЕСКА ИСТОЧНИКА J0509+1011 на частотах  
21.7 ГГц (черные треугольники) - 2.3 ГГц (черные квадраты)



СПЕКТР ИСТОЧНИКА J0509+1011 В МАКСИМУМЕ  
05/2007 И МИНИМУМЕ 10/2007





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.

4. Характеристики компактных компонент квазаров с  $T_b < 10^{12}$  К 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  $z=3$

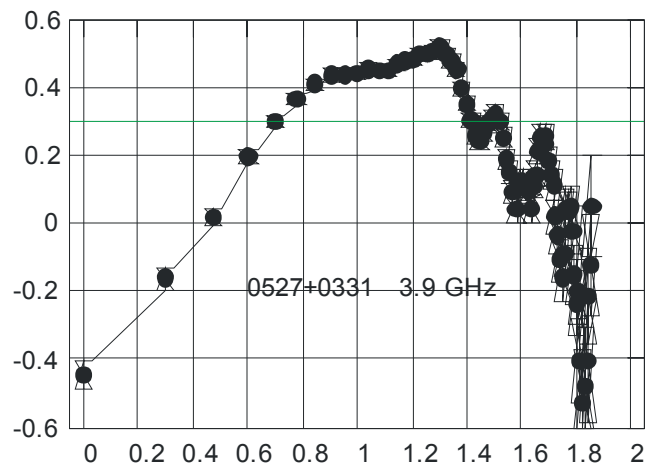
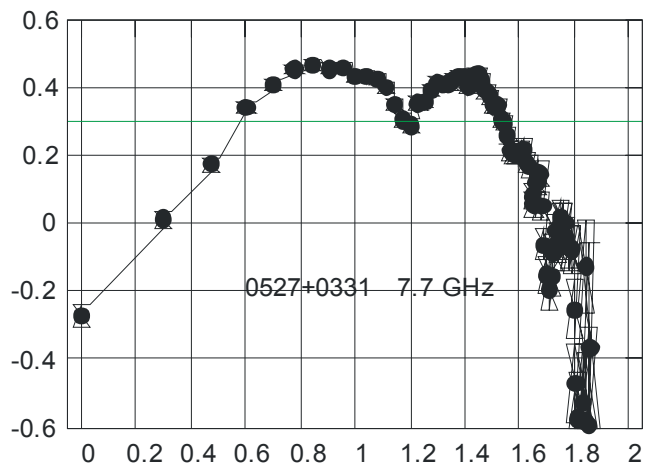
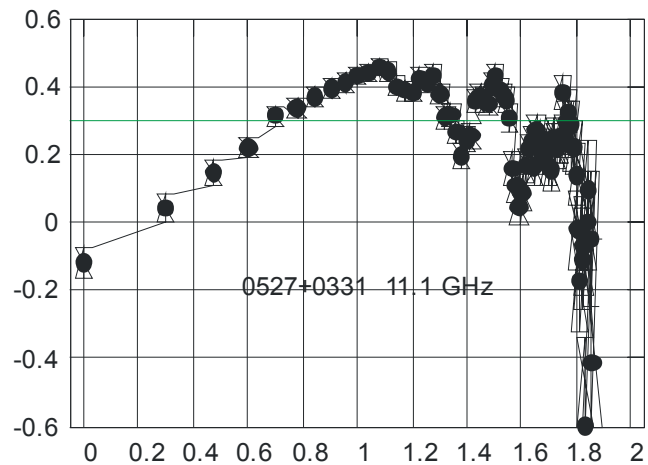
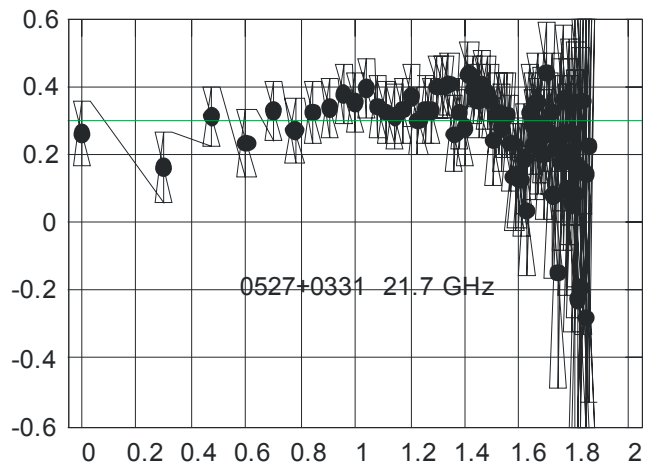


Мы уже докладывали об обнаружении вариаций которые были нами условно названы «недельными». Эти вариации были обнаружены в 1998 г на РАТАН-600 в источнике 0527+0331. Вариации носили циклический характер с характерным временем 12-16 дней.

- 2002г.

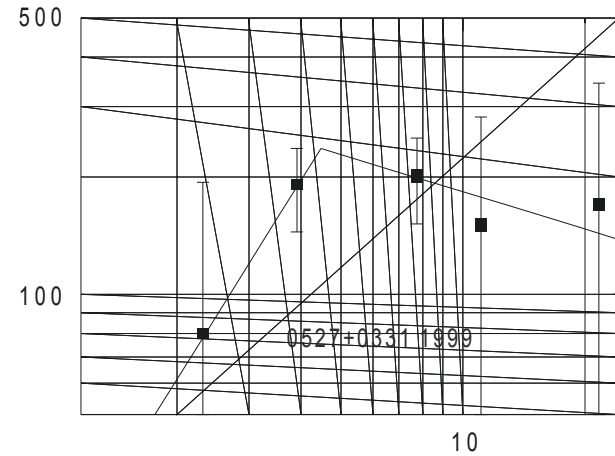
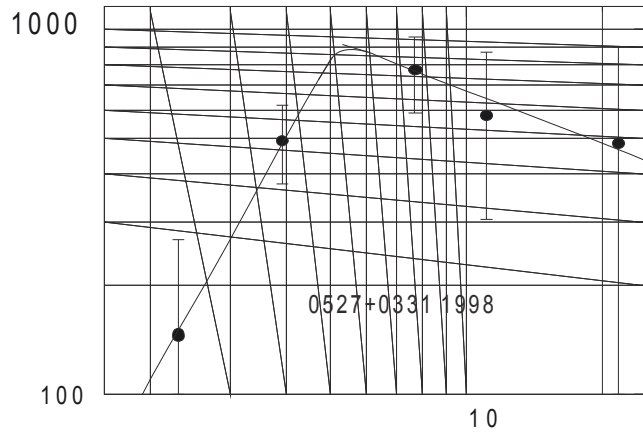


# Структурные функции, 2002г.



Спектр вариаций соответствует спектру однородного источника.

$$\sigma_{\text{var}}^2 = \sigma_{\text{pr}}^2 - \sigma_n^2, \text{ где } \sigma_{\text{pr}}^2 = \Sigma(S_i - \langle S \rangle)^2 / (n-1); \sigma_n^2 = D^1(1)/2$$



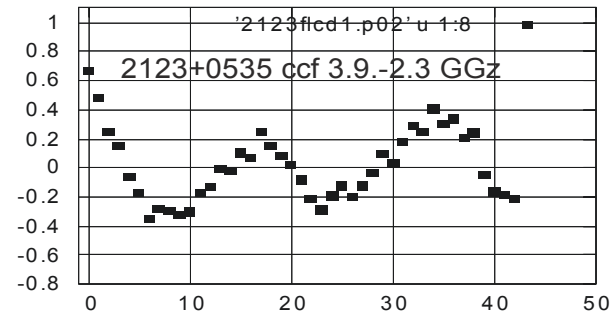
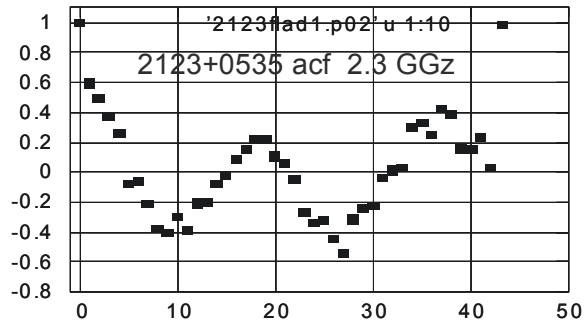
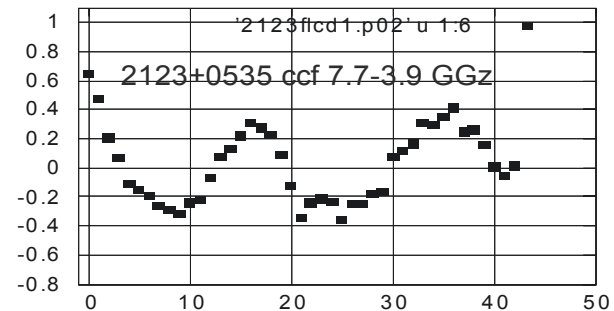
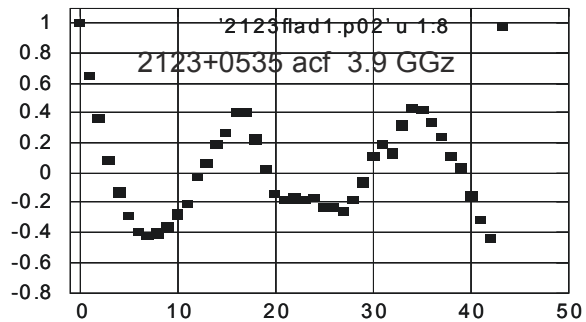
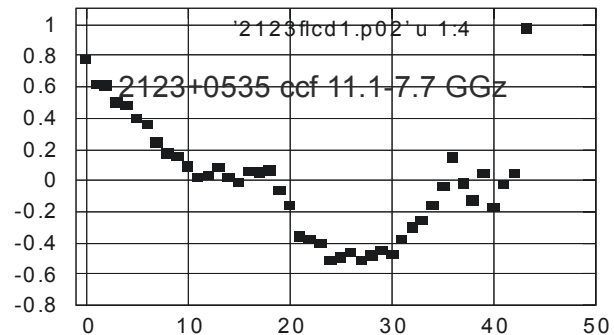
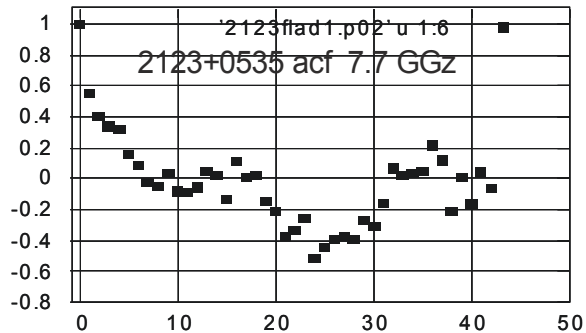
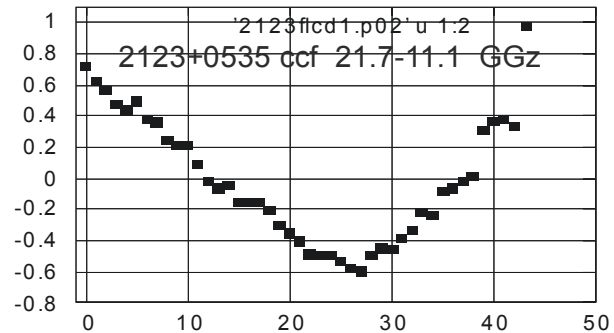
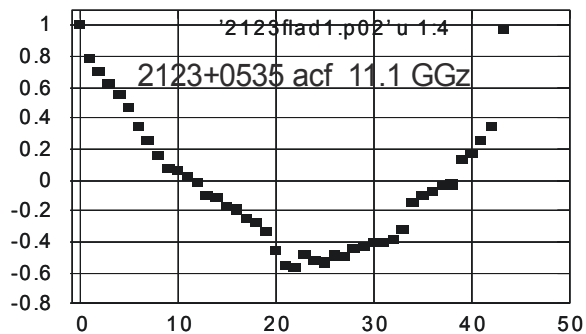
- Предложена модель, в которой переменность вызвана засвечиванием неоднородностей в джете при прохождении через них ударной волны, кривая блеска отражает их размеры и распределение (0.14 – 0.5 пк при углах зрения не превышающих  $10^0$ , Лоренц факторе  $g=10$  и красном смещении 0.5).
- Последующие наблюдения показали, что подобная переменность довольно распространенное явление.

Начиная с 1998 г. мы наблюдали 112 источников с плоскими спектрами из двух различных выборок, каждая из которых наблюдалась по 5 раз. Недельная переменность обнаружена у 38 объектов, т.е. у трети источников с плоскими спектрами.

Циклическая недельная переменность наиболее ярко проявляется на двух-трех частотах, как на низких так и на высоких частотах. Обнаружена ее связь с долговременной переменностью, наиболее часто недельная переменность обнаруживается вблизи максимума долговременной активности. (0527!).

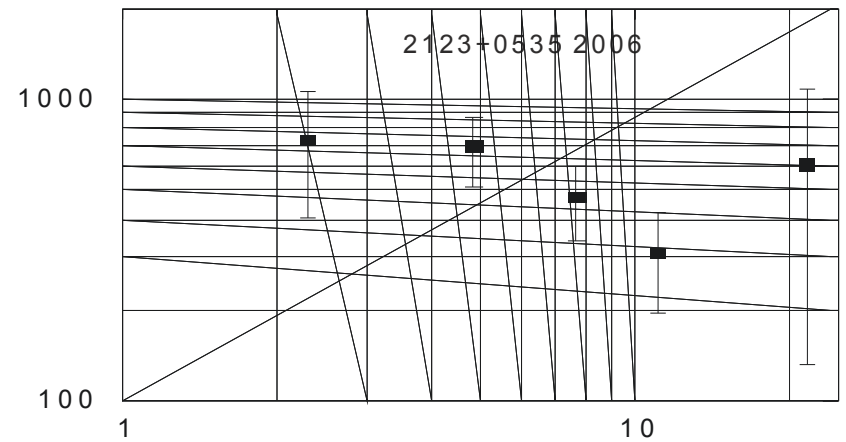
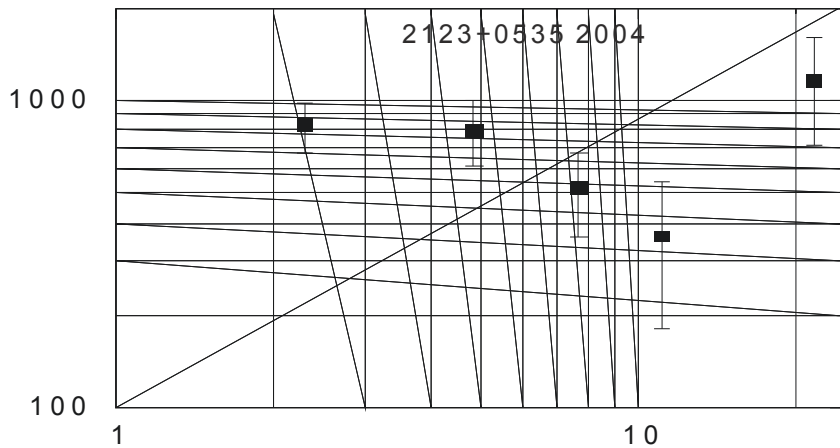
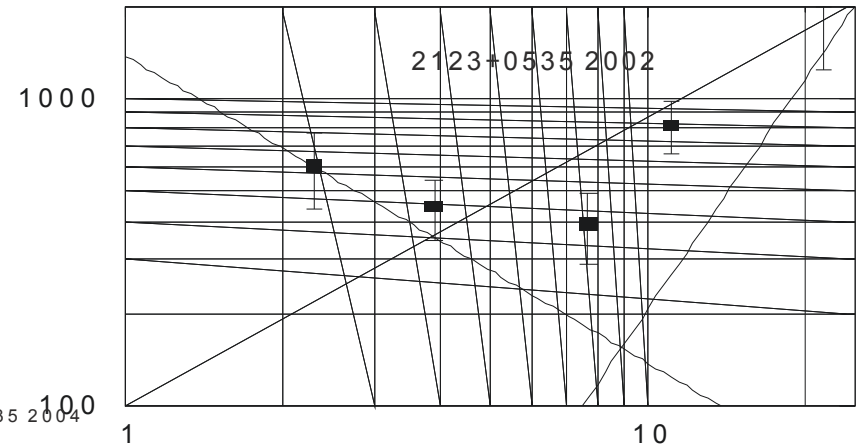
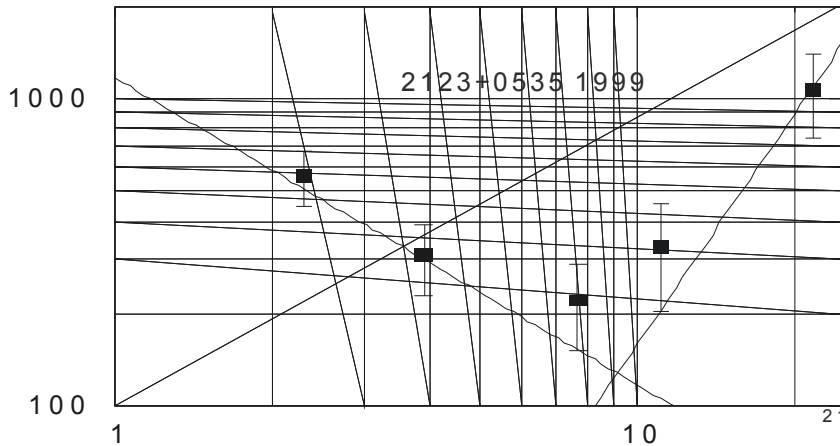
Характерные времена лежат в интервале от 6 до 40 дней. В одном источнике характерные времена могут меняться с частотой и в разные эпохи наблюдений.

В наиболее сильных источниках переменность коррелирована на соседних частотах.

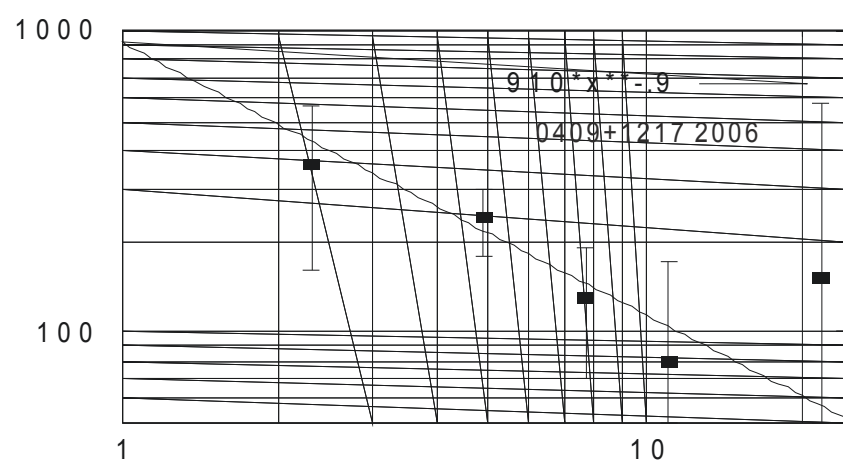
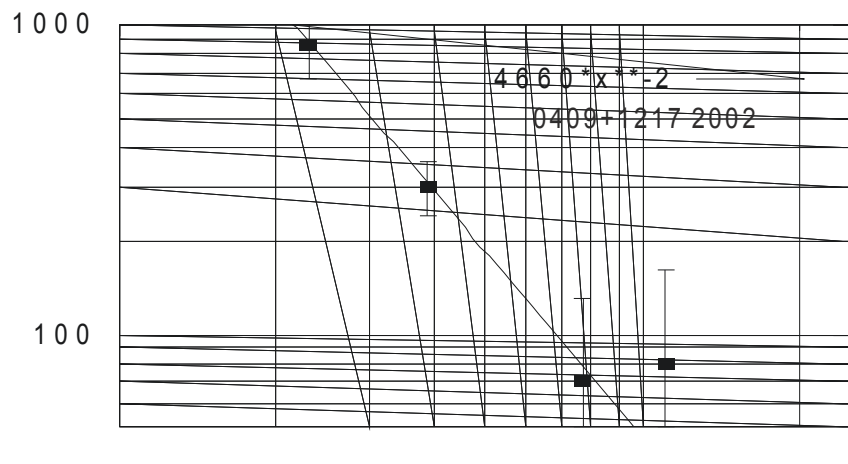
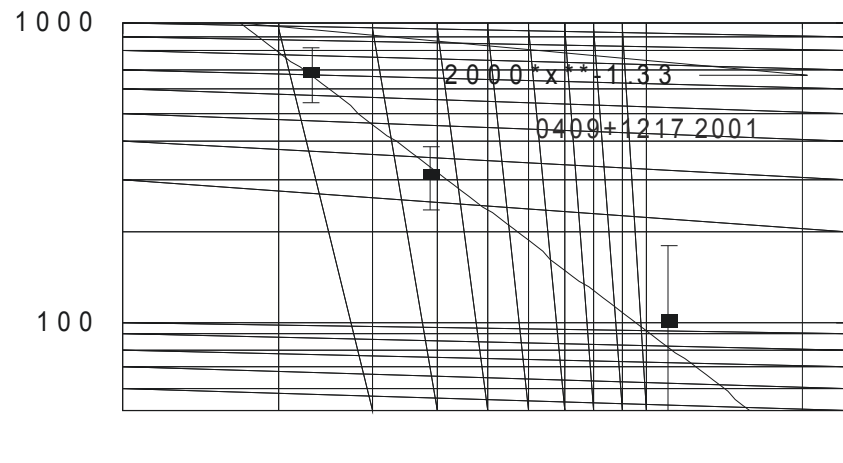
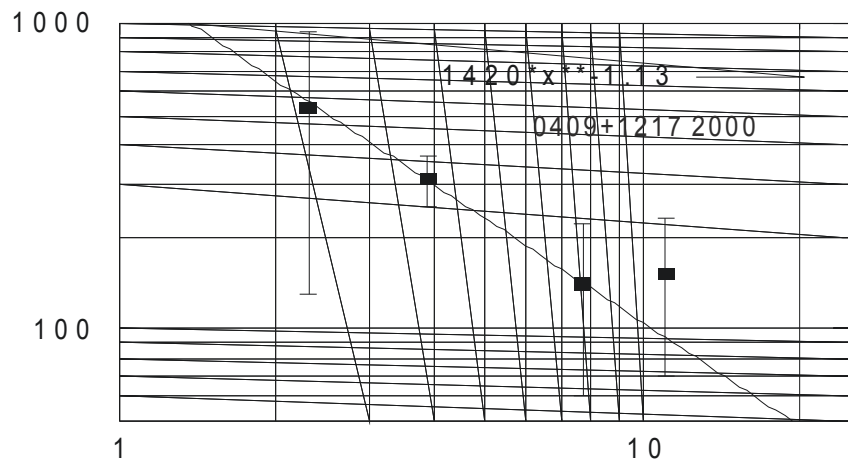


Спектр недельной переменной компоненты ,как правило, не такой простой как у 0527+0331.

Пример, источник 2123+0535,  $z=1.941$ , Q



# Источник 0409+1217, z=1.020, L

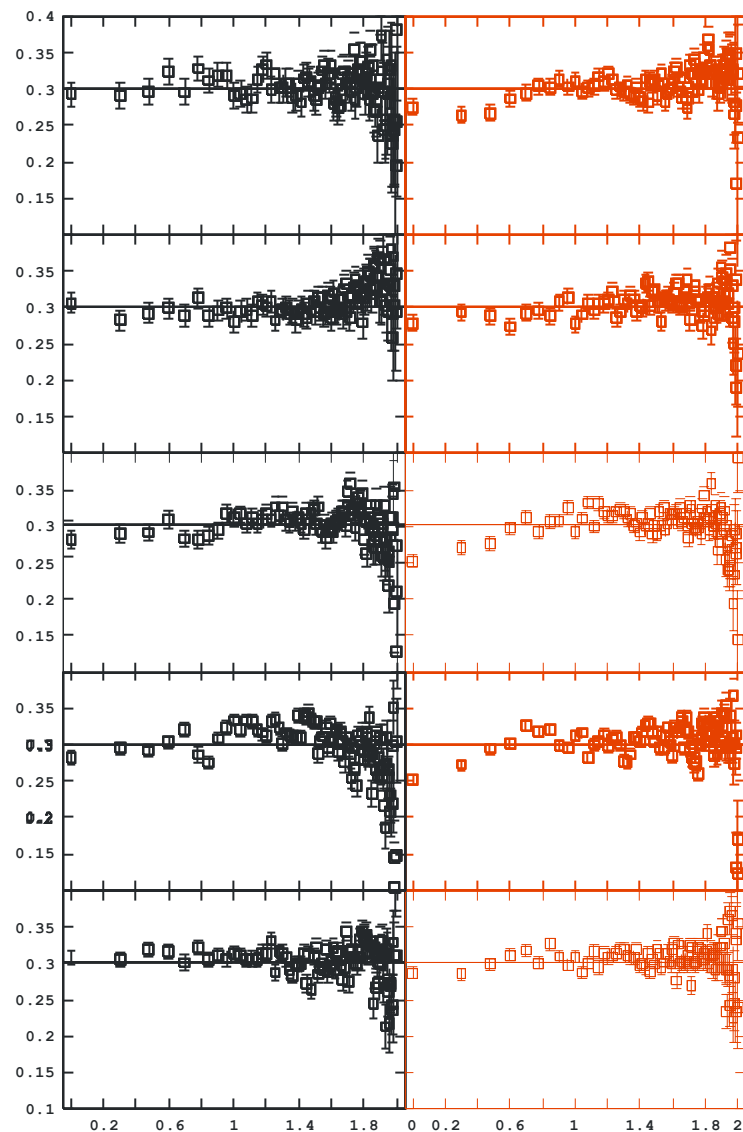


## IDV

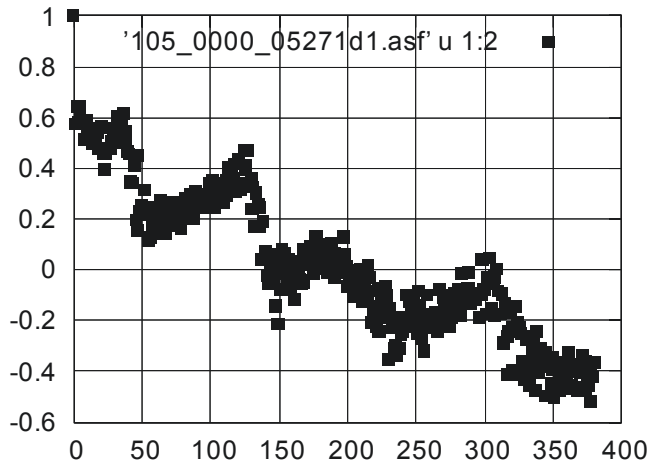
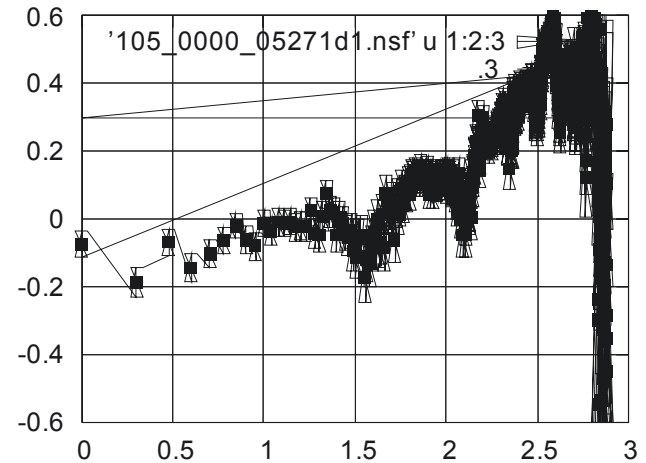
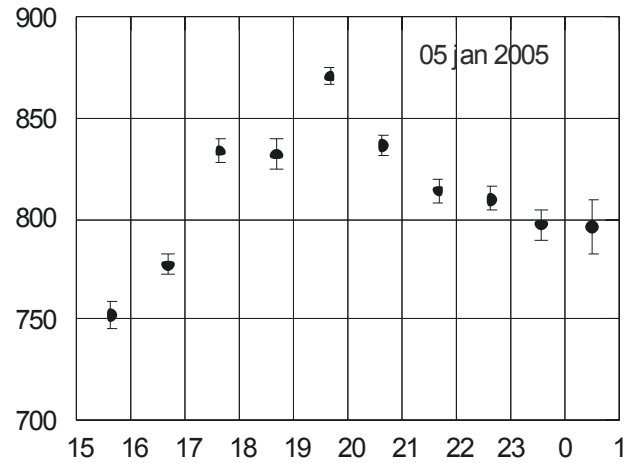
- Скорее всего, падающие спектры недельных вариаций это наиболее сильные проявления обнаруженных в 1984 г. Heeschen вариаций плотности потока радиоисточников с плоскими спектрами в см. диапазоне длин волн на масштабах нескольких дней.
- Эти вариации незначительные, как правило, индекс переменности составляет несколько процентов, но обнаруживаются практически у всех источников с плоскими спектрами. Вариации имеют среднее характерное время около четырех дней и плоский частотный спектр переменности в диапазоне 13 - 1.35 см.



- Средние структурные функции источников с плоскими (красные) и нормальными спектрами (черные).
- Частоты снизу вверх: 2.3, 3.9, 7.7, 11.1 и 21.7 ГГц.



# Внутрисуточные вариации



- Характерное время вариаций источника 0527+0331 составляет около четырех часов.
- Длина волны 3.5 см, наблюдения проводились на обсерватории «Зеленчукская» ИПА РАН

Переменность источника 1819+3845 по наблюдениям в обсерватории «Зеленчукская» ИПА РАН 5 февраля 2005г. Длина волны 3.5 см.

