

РАТАН-600: отчет 2015-2



Наблюдательные программы 2015-2

Наблюдения в континууме:

I. Мониторинг радиопеременности микроквazarов:

CAO РАН; Smithsonian Astrophys. Obs., USA; CIFS, Italy; Universite Paris, France.

II. Внегалактические источники – 7 программ:

CAO РАН, ГАИШ МГУ, АКЦ ФИАН, Рабочая группа РАДИОАСТРОН (13 стран), Aalto University Metsahovi Radio Observatory.

Вторичные зеркала №1 и №2 с комплексом аппаратуры сплошного спектра (приемно-измерительные комплексы МАРС-3 и ЭРИДАН).

Программы по изучению радиоизлучения Солнца

CAO РАН, ГАО РАН, ИСЗФ РАН, ИПФ РАН, University of Ioannina, Greece.

1. Геоэффективные процессы в солнечной атмосфере и нестационарные явления в околоземном космическом пространстве (ИСЗФ СО РАН);
2. Исследование особенностей циклотронного излучения пятенных радиоисточников (CAO РАН);
3. Исследование особенностей микроволнового излучения АО накануне мощных эруптивных событий (ГАО РАН);
4. Мониторинг солнечной активности в максимуме (ГАО РАН);
5. A study multiple polarization inversion on frequency on the RATAN-600 (University of Ioannina, Greece).
6. Антенные измерения (CAO РАН).

Вторичное зеркало №3 – солнечный комплекс.

Наблюдения в 2015 (2) г.

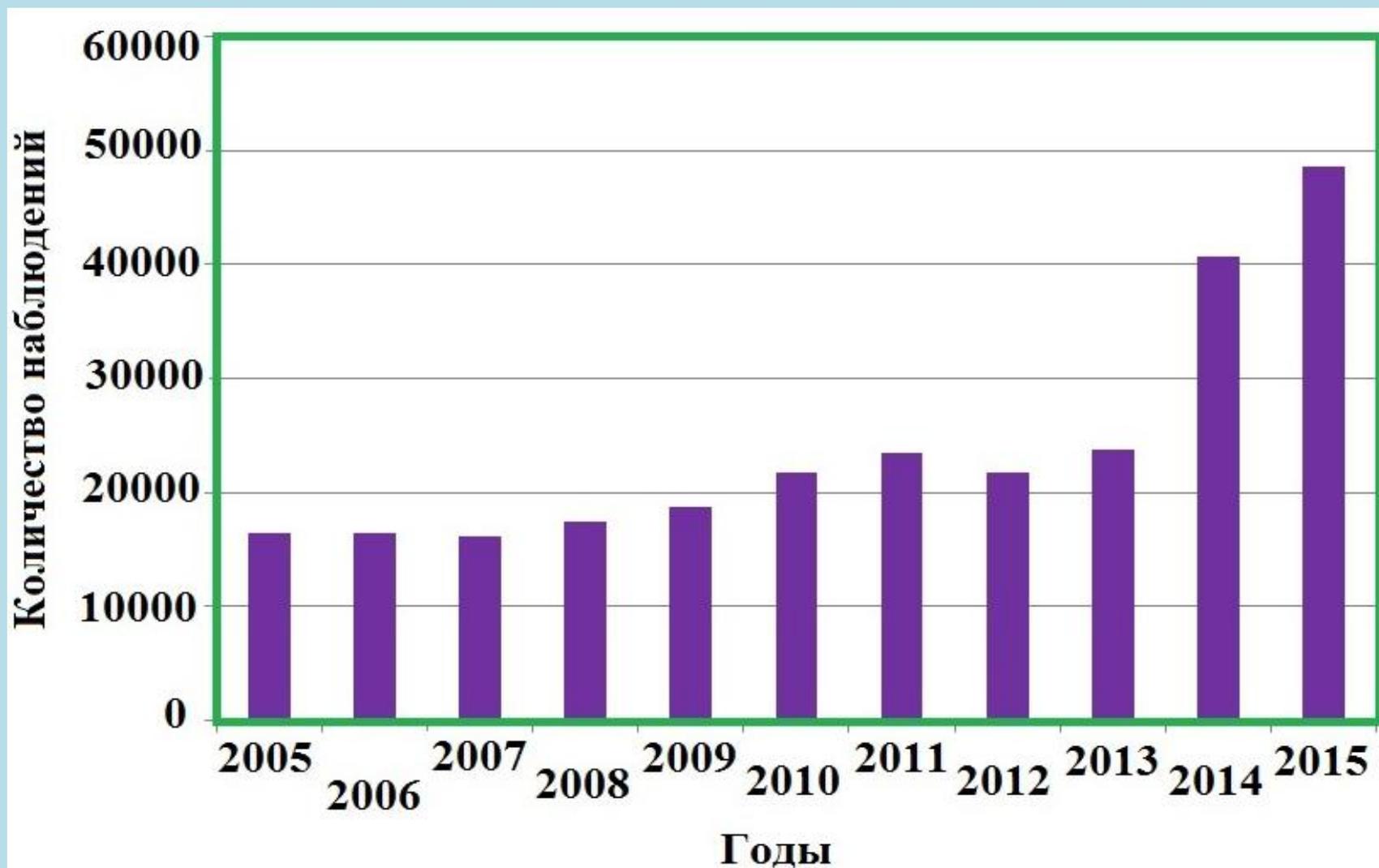
Континуум (вторичные зеркала №1 и №2)

- Запланировано: 26454 наблюдений
- **Потери: 1 335 (5 %)**
 - Погода 1225 (4.6%)
 - Аппаратура 83 (0.3%)
 - Прочее 27 (0.1%)

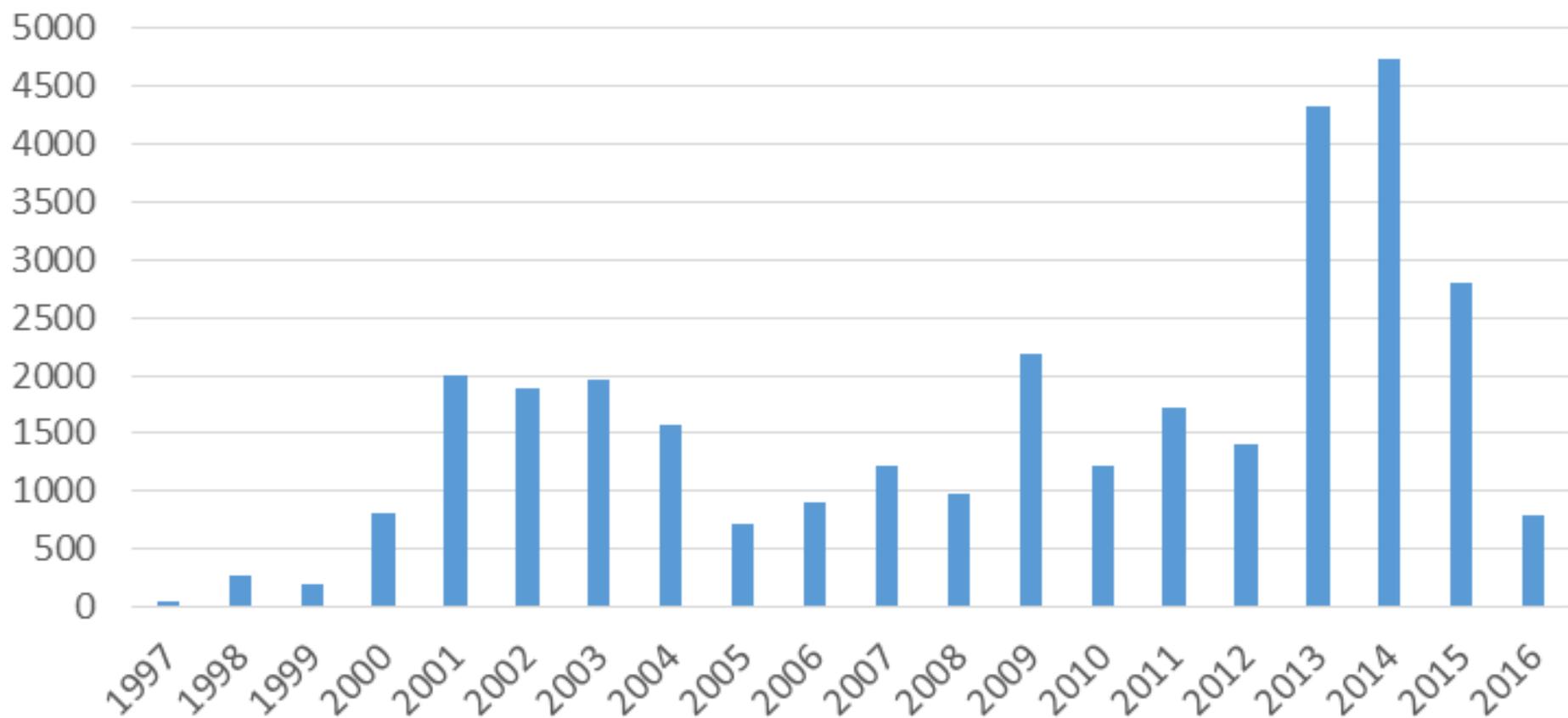
Солнечный комплекс (вторичное зеркало №3)

- Запланировано: 1252 наблюдения
- **Потери: 30 (2.4%)**
 - Погода 1 (0.08%)
 - Аппаратура 20 (1.6%)
 - Прочее 9 (0.7%)

Наблюдения в континууме на РАТАН-600



Количество наблюдений Солнца на РАТАН-600 с 1997 по март 2016 г.



Радиометры континуума РАТАН-600

Борьба с помехами

Возобновлены регулярные наблюдения в диапазоне 13 см:

- принимаемая полоса частот 2.215-2.295 ГГц (13.3 см);
- ширина полосы 80 МГц;
- шумовая температура системы около 200 К;
- реализуемая чувствительность на средних углах около 15 К при 1 с.

Регулярный мониторинг электромагнитной обстановки и поиск участков спектра, наименее подверженных помехам.



Полосно-пропускающие фильтры



Изготовлены и получены два малошумящих радиометрических модуля диапазона 4.4-5.0 ГГц (совместно с НПФ «Микран», г. Томск), разработанные по ТЗ для РАТАН-600:

- шумовая температура модуля: 20 К;
- ожидаемая шумовая температура системы (антенна+радиометр): 80 К;
- коэффициент усиления по мощности: 72 дБ.

Модуль радиометрический на 6 см



Модуль испытывается в лабораторных условиях.

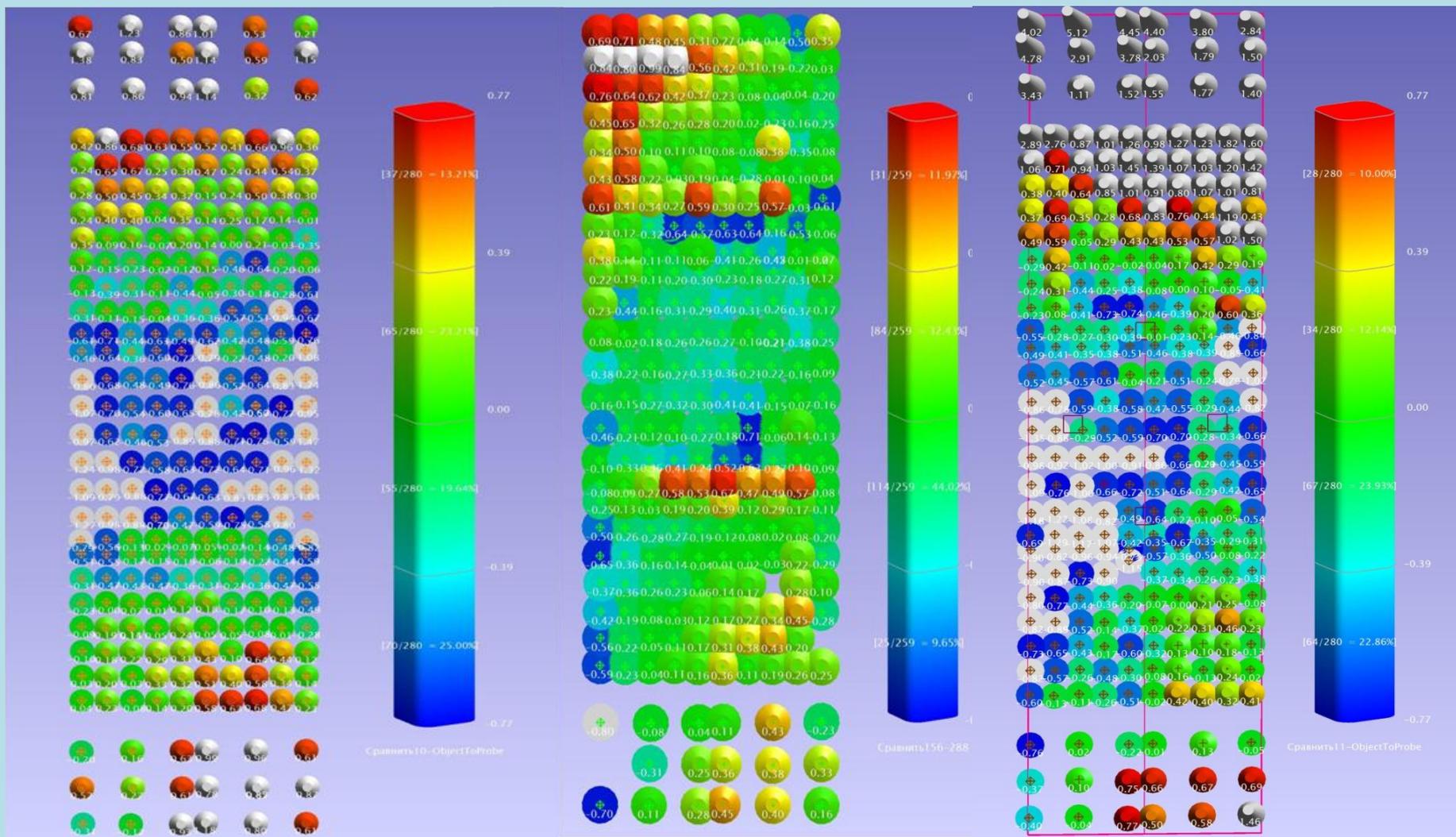
13/04/2016

Возобновление наблюдений в диапазоне $\lambda = 23.26$ см

Выбран и исследуется относительно свободный от помех участок электромагнитного спектра 1265-1315 МГц, центральная частота -- 1290 МГц = 23.26 см

Радиометр сконструирован по схеме “радиометр полной мощности” и работает в тестовом режиме. Уточняются помеховая обстановка в рабочей полосе частот и реализуемая чувствительность.

Оценка состояния поверхности некоторых элементов антенны



СКО=0.57мм

СКО=0.33мм

СКО=1.05мм

Автоматизированная система обработки наблюдательных данных на радиотелескопе RATAN-600

Calibration curve for block 1N2015_Feb0

Select: **0.0138** $F(x) = 6.16 \cdot 10^{-4} x^2 - 7.59 \cdot 10^{-2} x + 4.84$ Calibration curve name: 1N2015_Feb0_0.0138_SC

Single Average Elevation Focus

0.027 $F(x) = 6.42 \cdot 10^{-4} x^2 - 8.46 \cdot 10^{-2} x + 5.87$ Calibration curve name: 1N2015_Feb0_0.027_SC

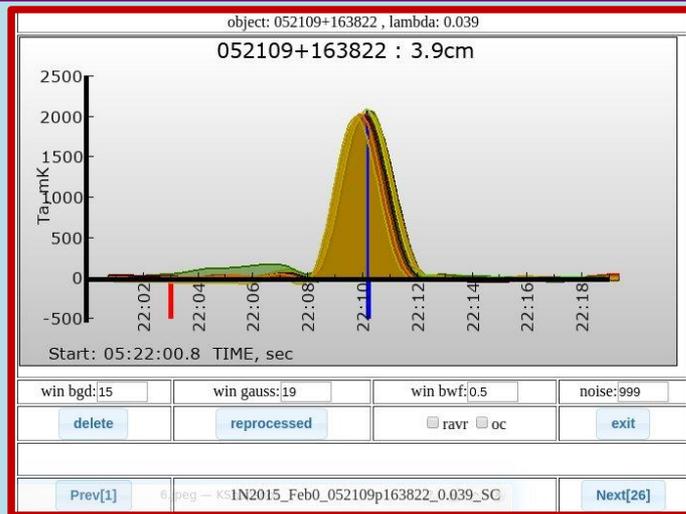
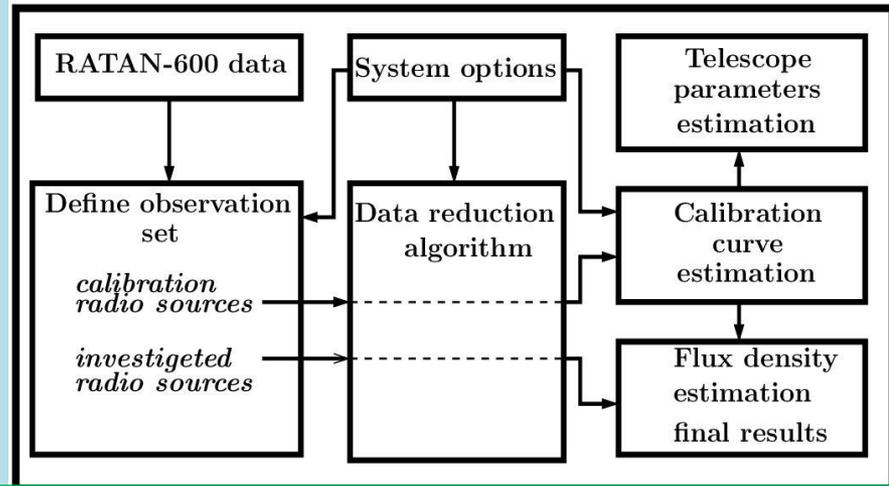
0.039 $F(x) = 1.35 \cdot 10^{-4} x^2 - 2.78 \cdot 10^{-2} x + 2.71$ Calibration curve name: 1N2015_Feb0_0.039_SC

0.062 $F(x) = 8.44 \cdot 10^{-5} x^2 - 3.37 \cdot 10^{-2} x + 3.27$ Calibration curve name: 1N2015_Feb0_0.062_SC

Calibration curve name: 1N2015_Feb0_0.027_SC

Calibration curve 11.1 GHz

Degree: <input type="radio"/> 3 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 1													
<input type="checkbox"/>	name	elevation [deg]	focus [R/R0]	flux [Jy]	K1	K2	Ta [K]	eTa [K]	eTa [%]	ky [K]	Δ k	FWHM	σFWHM
<input checked="" type="checkbox"/>	1154-35	11.09	0.47	1.42	1	1	0.283	0.005	1.77	5.018	0.089	1.925	0.026
<input checked="" type="checkbox"/>	0240-23	23.12	0.48	1.18	0.97	1	0.286	0.003	1.05	4.253	0.045	1.725	0.028
<input type="checkbox"/>	0627-05	40.29	0.53	0	0	0	0.576	0.016	2.78	0	0	1.841	0.1439
<input checked="" type="checkbox"/>	1347+12	58.39	0.63	1.76	1	1	0.56	0.002	0.36	3.143	0.011	1.35	0.007
<input checked="" type="checkbox"/>	0521+16	62.83	0.66	1.98	0.95	1	0.672	0.002	0.3	3.102	0.009	1.338	0.007
<input checked="" type="checkbox"/>	1331+30	76.6	0.8	4.25	0.94	1	1.413	0.005	0.35	3.2	0.011	1.277	0.002
<input checked="" type="checkbox"/>	0137+33	79.41	0.83	2.42	1.04	1	0.752	0.003	0.4	3.6	0.011	1.277	0.002
<input checked="" type="checkbox"/>	2107+42	88.47	0.97	6.1	0.99	1.05	1.698	0.007	0.41	3.4	0.011	1.277	0.002



Global options Loading files Data reduction **Gauss analysis result** Calibration measurements Flux density State of telescope Import/Export

Wavelength: 0.0138 0.027 0.039 0.062

Indicator: antenna temperature: 6 % residual noise error: 2 % O-C: 1 sec FWHM: 7 sec

Object:

0001-07	0001-00	0002-00	0006-06
0009-06	0014+08	0019+20	0022+06
0035+15	0037+12	0038+00	0039+14
0048+31	0049+02	0056-09	0056+16
0058+33			
0100+07	0111+39	0112+27	0113+02
0115+03	0123+31	0136-09	0144+27
0148+11	0152+01	0153-01	0159+10
0202+08	0202+42	0211+10	0213+12
0217+08	0219-18	0222+43	0225+37
0238+16	0257+18	0258+20	

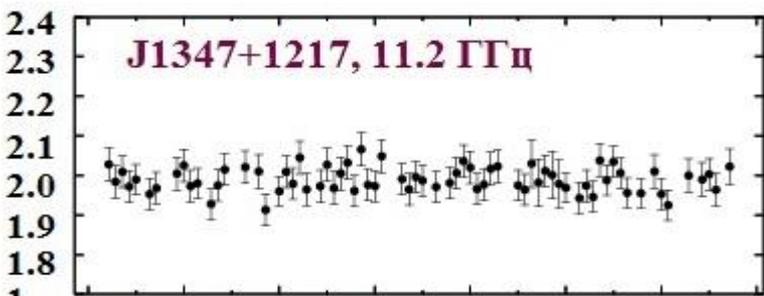
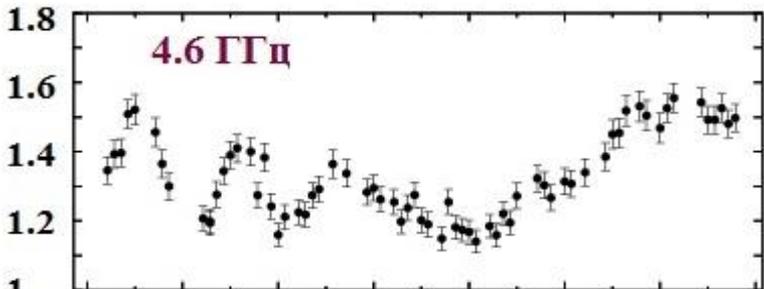
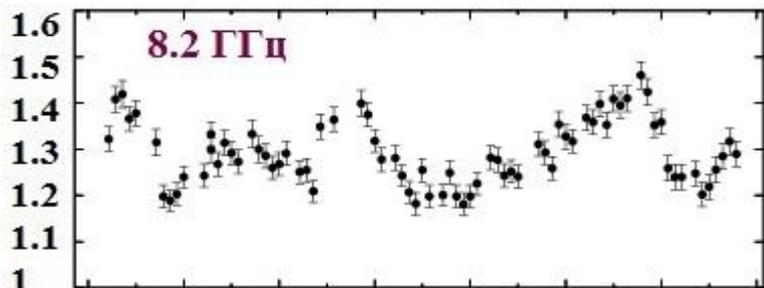
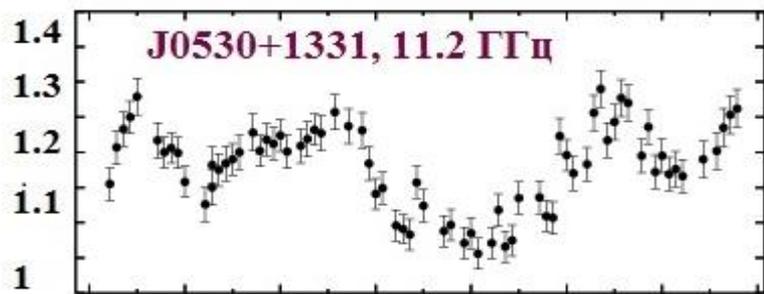
Table 022239+430207 2.7cm

nvss:022239+430207; ra(2000) 02 22 39; dec(2000) 43 02 07										
name object [lambda]	Type calc	Ta [K]	sgm [K]	FWHM [s]	FWHM*Ta [s*mK]	Records number				
022239+430207[0.027]	SINGLE	0.254	0.003[1.18%]	1.43518	0.3843	records: 6				
r150206p0222p43_0270	108.3	1.209 [1.12%]	1	0.33	245.62	3.9[1.59%]	1.4276	0.37314	2457060	2015-02-06
r150207p0222p43_0270	110.6	1.161 [1.05%]	1	0.2	250.69	3.5[1.4%]	1.38845	0.37047	2457061	2015-02-07
r150208p0222p43_0270	108	1.121 [1.04%]	1	0.34	261.34	4[1.53%]	1.41725	0.39427	2457062	2015-02-08
r150210p0222p43_0270	108.8	1.256 [1.15%]	1	0.3	250.35	6.9[2.76%]	1.43915	0.38336	2457064	2015-02-10
r150211p0222p43_0270	108	1.154 [1.07%]	1	0.39	254.24	3.4[1.34%]	1.4442	0.39075	2457065	2015-02-11
r150212p0222p43_0270	108.2	1.193 [1.1%]	1	0.4	264.14	3.6[1.36%]	1.3516	0.38007	2457066	2015-02-12

Исследование переменности блазаров на масштабах времени от нескольких дней до нескольких недель, (ГАИШ МГУ)

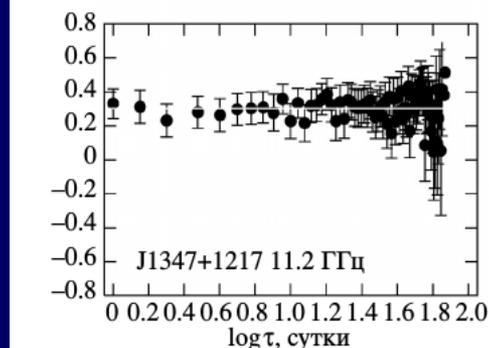
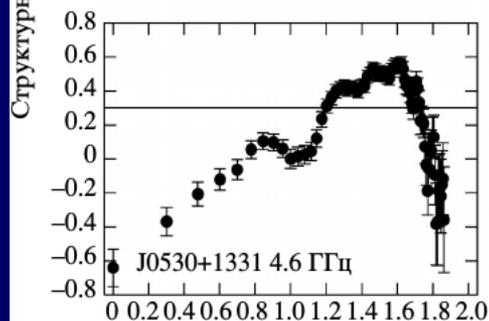
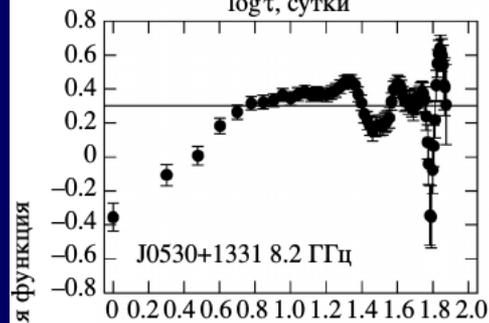
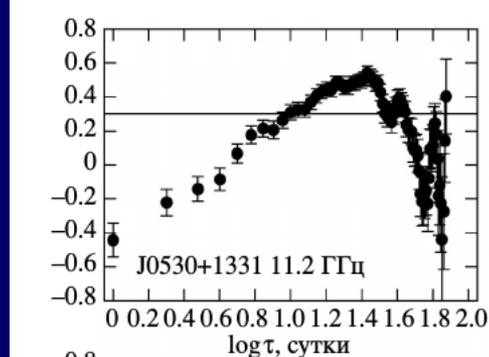
Наблюдалась выборка **45 источников с плоскими спектрами (JVAS)** с плотностями потоков больше 0.5 Ян в области склонений $12^\circ\text{--}18^\circ$, 8 опорных источников использовались для контроля изменений эффективной площади антенны. Цель программы – поиск переменности на масштабах от нескольких дней до нескольких недель, получение параметров обнаруженной переменности.

Горшков А.Г., А.В. Ипатов, И.А. Ипатова, Конникова В.К., Мингалиев М.Г. и др., *АКороткая переменность плотности потока блазара J0530+1331,Ж*, сдано в печать, 2016/07.

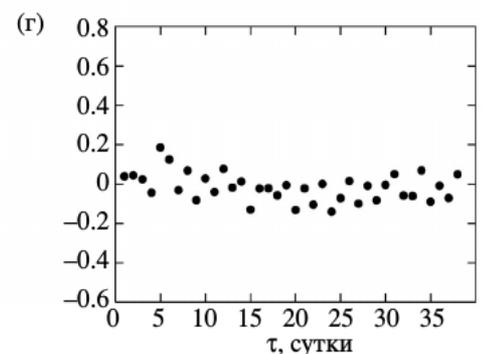
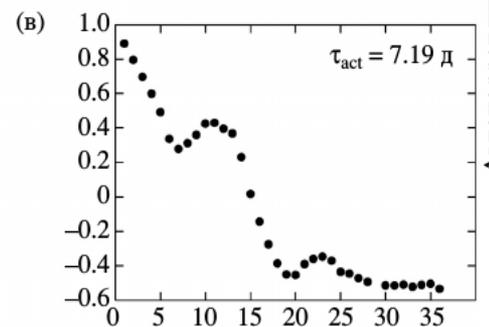
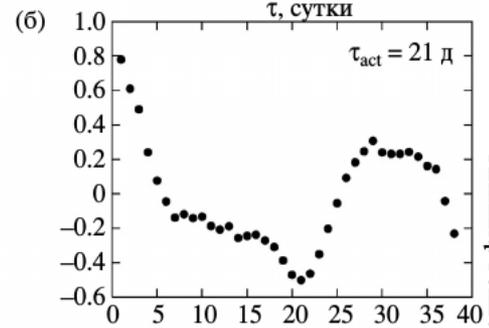
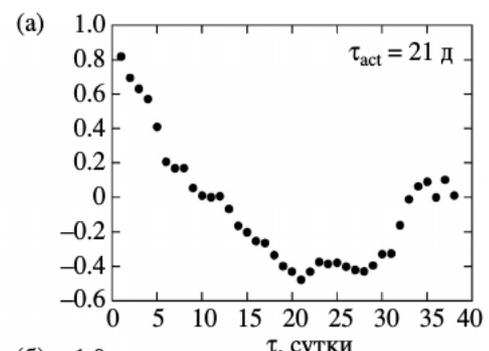


13/06 27/06 11/07 25/07 08/08 22/08 05/09 19/09

дата, 2015 г.



Структурная функция



Автокорреляционная функция

Исследование центральных областей ядер активных галактик Ковалев Ю.А. и др., АКЦ ФИАН, РадиоАстрон

➤ **Недавние публикации** в рецензируемых журналах:

Astrophys. J. Letters, **820**, L9 (2016)

Astronomy & Astrophysics, **573**, A50 (2015)

Astronomy & Astrophysics, **565**, A26 (2014)

Космические исследования, **52**, 430 (2014)

Астрономический журнал, **90**, 179 (2013)

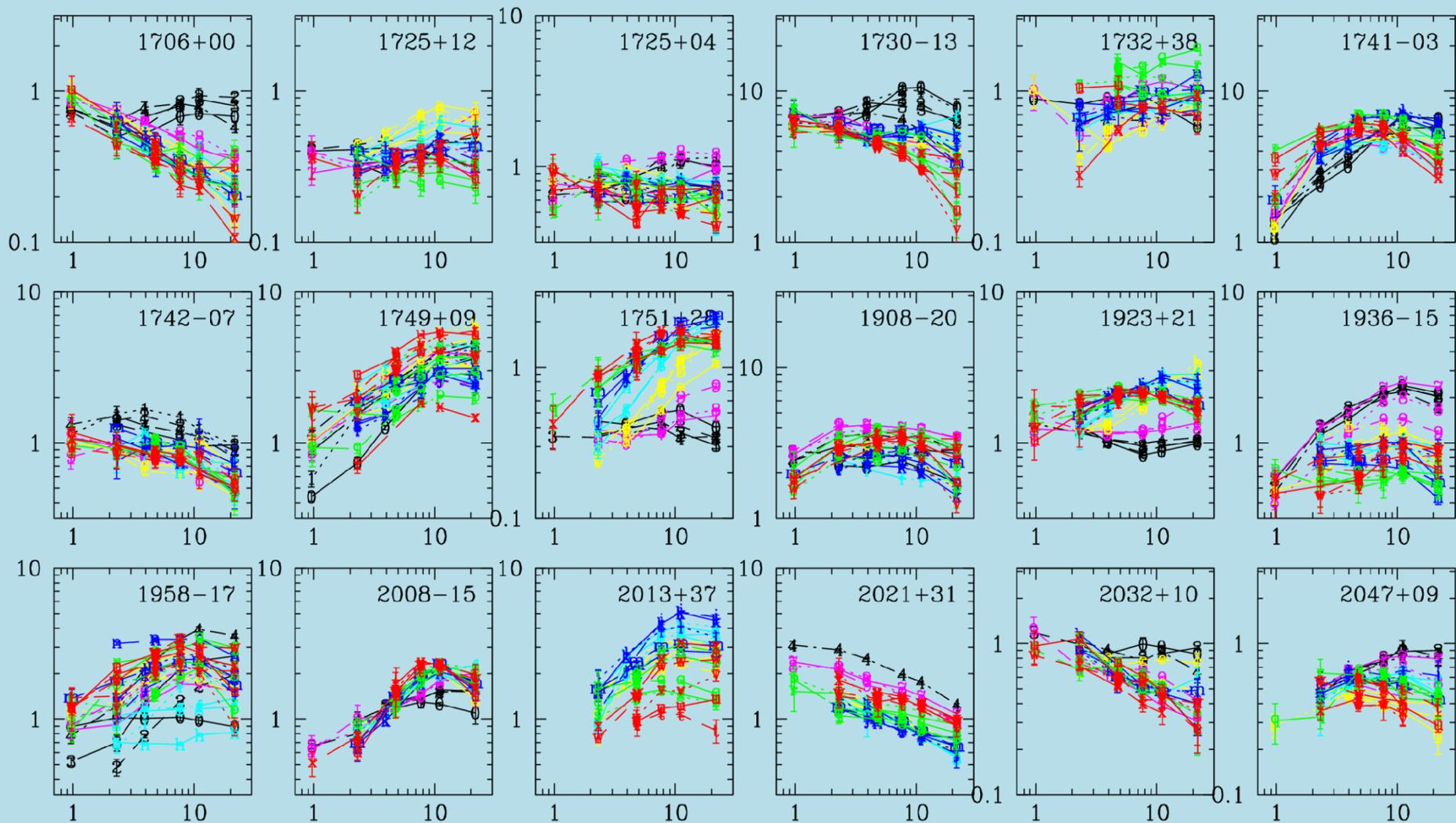
➤ **Сформирована выборка 111 АЯГ** с очень сильной долговременной переменностью РАТАН-спектров за 11 лет – применяется при реализации научной программы РадиоАстрон для исследования ядер активных галактик во время вспышек.



РАТАН для РадиоАстрон

Уникальная переменность спектров

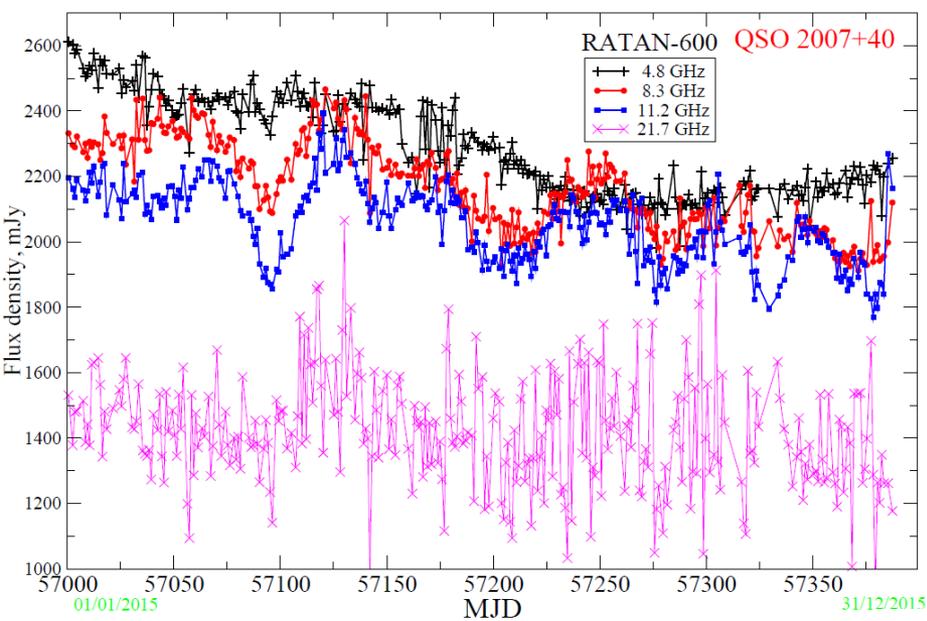
Flux Density, Jy



Мониторинг радиопеременности микрокварзаров – галактических рентгеновских двойных звезд со струйными выбросами

~2700 измерений
потоков от семи
микрокварзаров на 2-6
частотах одновременно.

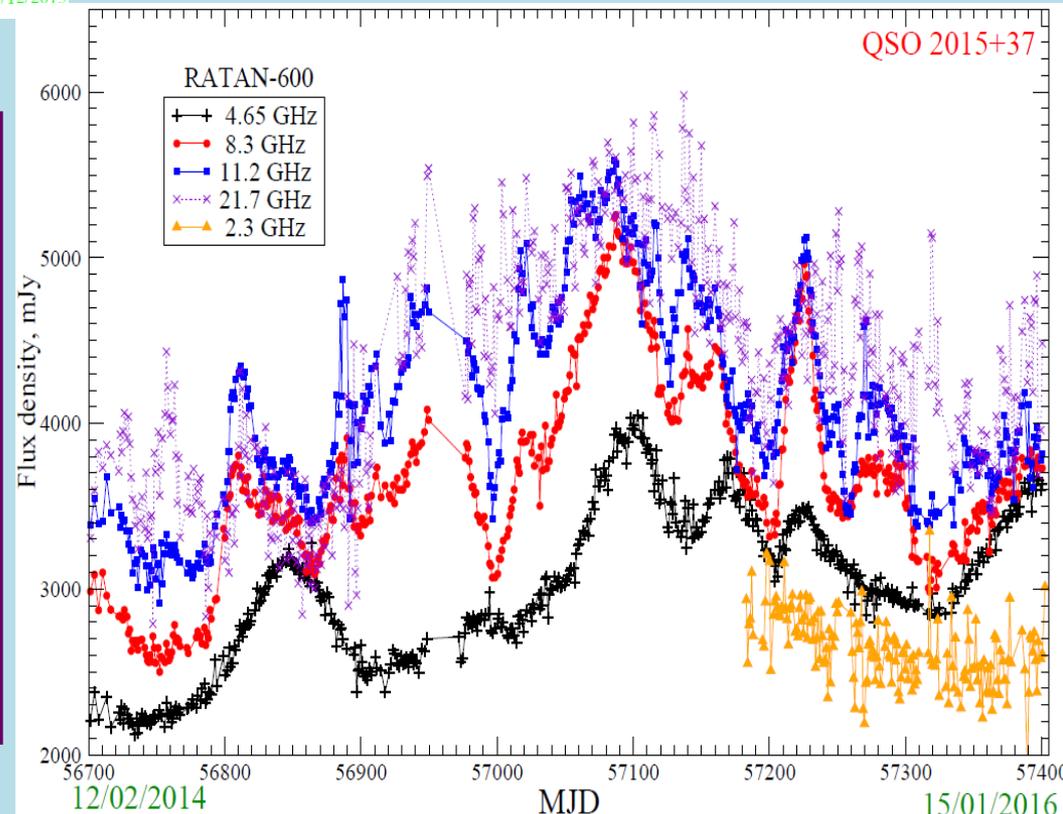
01.07.15-31.12.15	1347+12	135	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	1819-254	100	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	1826-14	135	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	1850-01	135	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	SS433	136	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	1915+105	136	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	Cyg X-1	135	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	Cyg X-3	140	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	2007+40	140	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	2015+37	140	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	2023+332	20	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	2107+42	140	Север	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	1347+12	70	Юг+П	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	1850-01	90	Юг+П	Обл. 1
01.07.15-31.12.15	SS433	90	Юг+П	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	1915+105	90	Юг+П	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	Cyg X-3	90	Юг+П	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	2007+40	90	Юг+П	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	2015+37	90	Юг+П	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	2107+42	90	Юг+П	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	0014+62	145	Юг	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	0236+61	145	Юг	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	0244+61	145	Юг	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	1411+52	10	Юг	Обл. 2
01.07.15-31.12.15	1459+71	10	Юг	Обл. 2



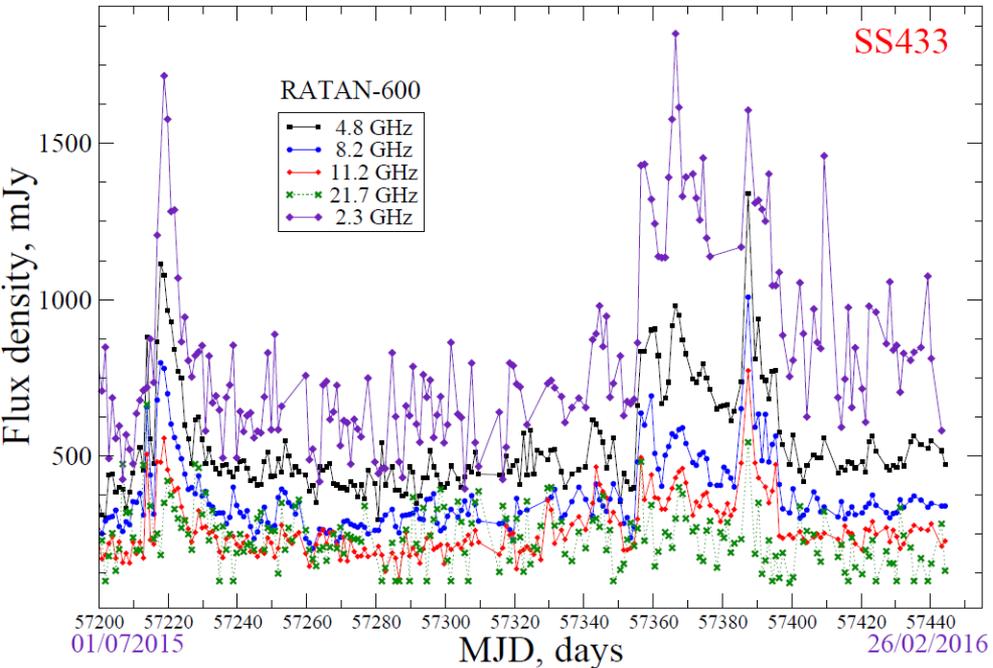
Кривые блеска квазара J2007+40 на четырех частотах в течение периода измерений с конца 2014 года по конец 2015 года. Зарегистрированы события, которые напоминают события экстремального рассеяния (ESE), которые связаны со свойствами межзвездной среды.

01/01/2015 31/12/2015

Кривые блеска квазара J2015+37 на пяти частотах в течение периода измерений с февраля 2014 г. по конец 2015 года. Инвертированный спектр источника сопровождается яркими вспышечными событиями на высоких частотах (>8 ГГц), которые практически отсутствуют на низких частотах (<5 ГГц).

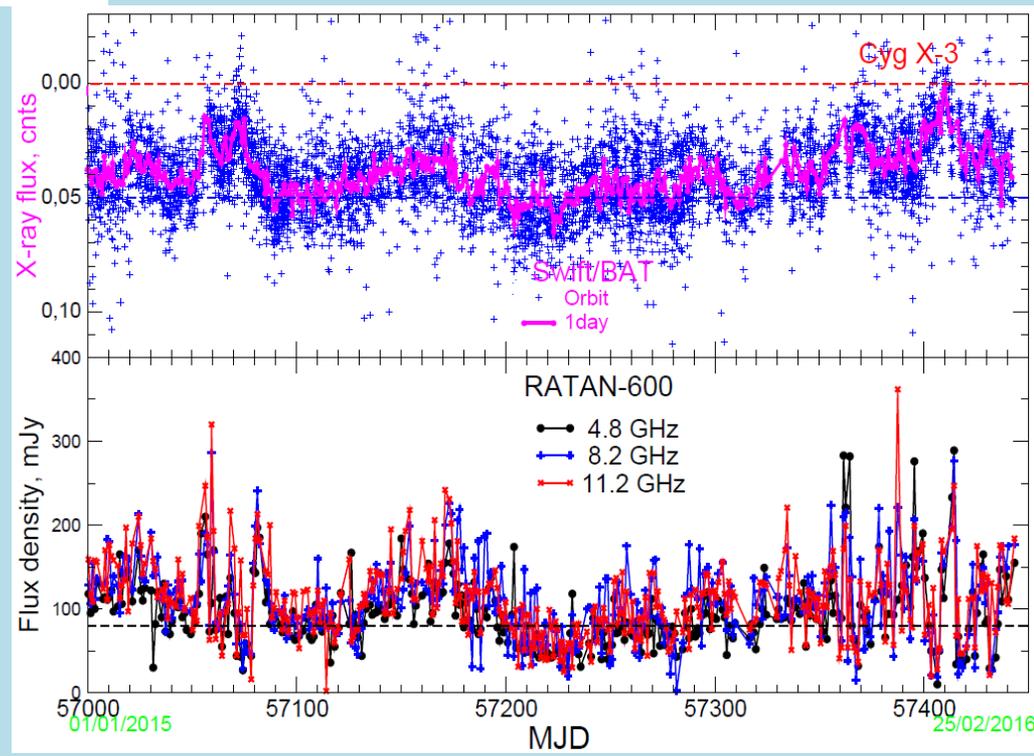


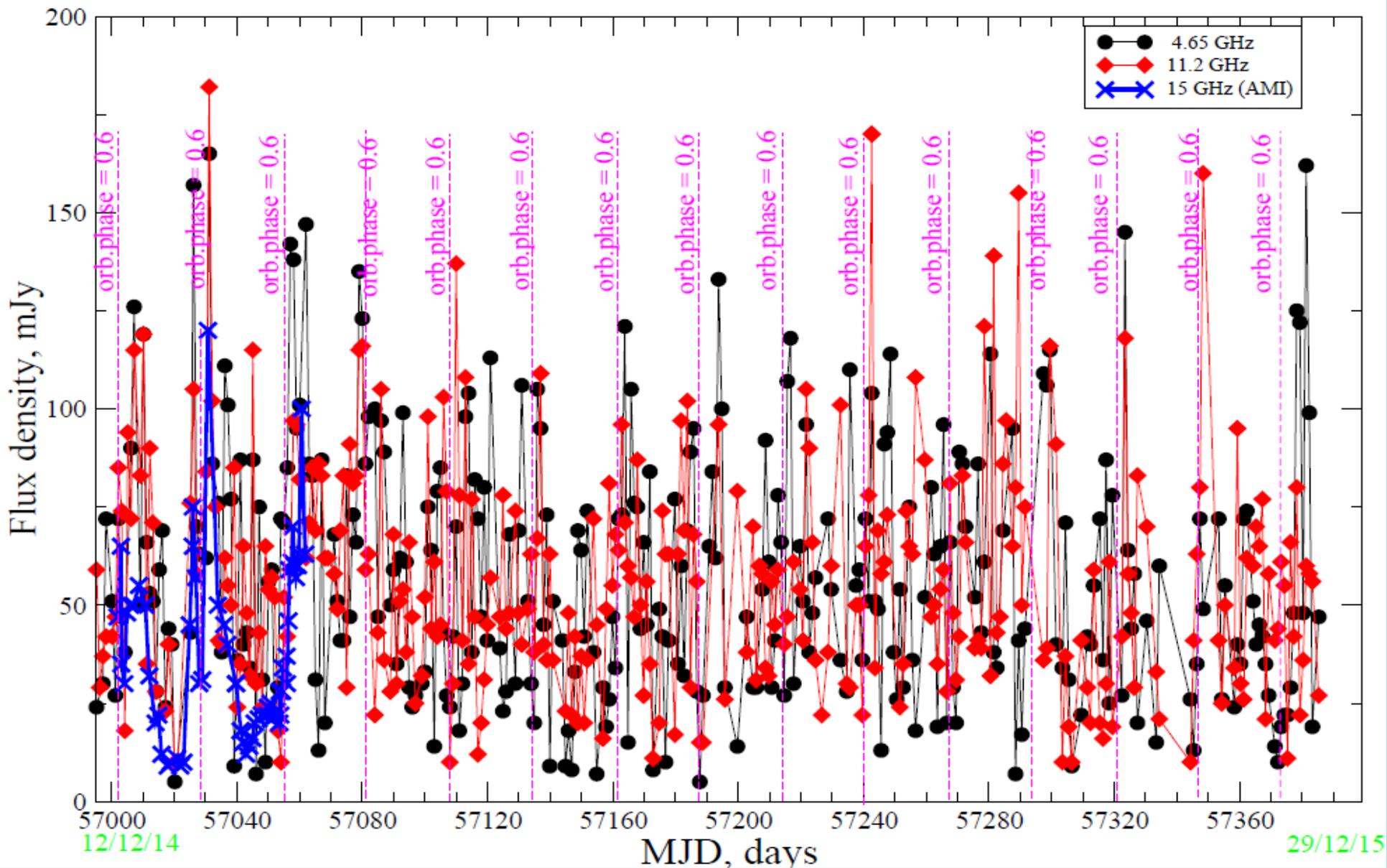
12/02/2014 15/01/2016



Кривые блеска SS433 на нескольких частотах в течение второй половины 2015 года. Зарегистрировано несколько ярких оптически тонких вспышек.

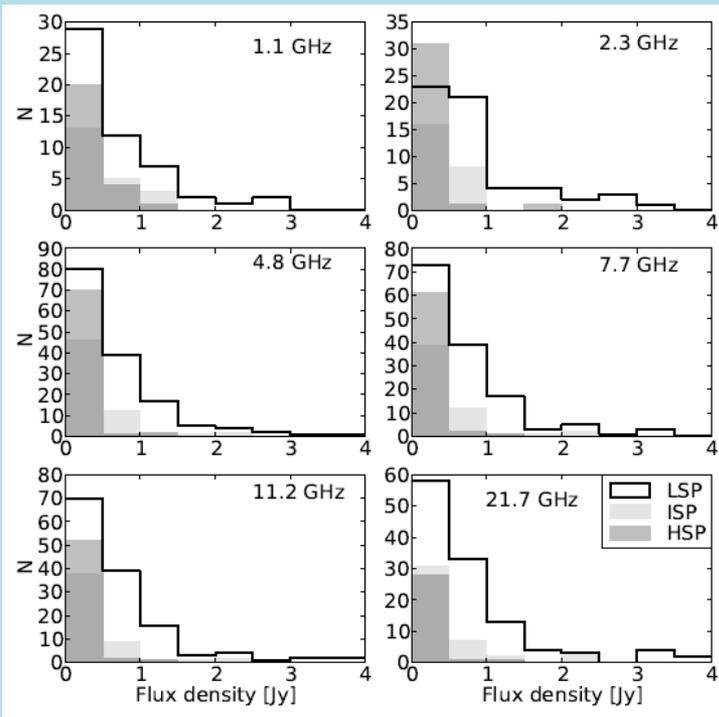
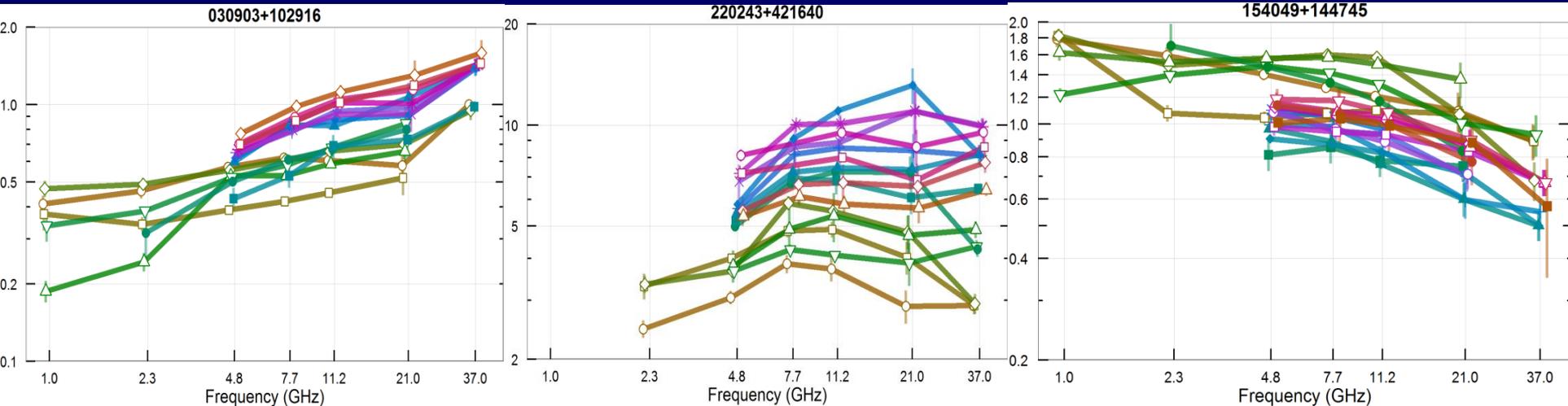
Кривые блеска Cyg X-3 на трех частотах в 2014-2015 г. и рентгеновский поток по измерениям на спутнике Swift/BAT в диапазоне 15-50 кэВ. Обнаружена высокая степень (0.9) антикорреляции радиопотока и жесткого рентгеновского излучения.





Кривые блеска LSI+61d303 на двух частотах в течение 15 орбитальных периодов в 2014-2015 годах. Отмечены даты и моменты орбитальной фазы 0.6.

Мониторинг блазаров на РАТАН-600



MNRAS 000, 1–15 (2015)

Preprint 22 January 2016

Compiled using MNRAS L^AT_EX style file v3.0

Simultaneous spectra and radio properties of blazars

M. Mingaliev,^{1,2*} Yu. Sotnikova,¹ E. Nieppola,^{3,4} T. Mufakharov,¹ M. Tornikoski,⁴ J. Tammi,^{4,5} A. Lähteenmäki,^{4,5} R. Udovitskiy,¹ A. Erkenov,¹

¹Special Astrophysical Observatory of RAS, Nizhny Arkhyz, 369167 Russia

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

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

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

⁵Aalto University Department of Radio Science and Engineering, P.O. Box 15000, FI-00076 Aalto, Finland

Released 2015 Xxxxx XX

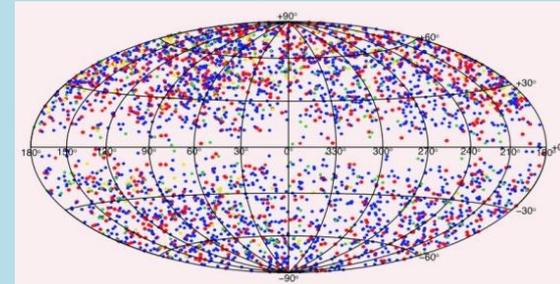
ABSTRACT

We present the results of nine years of the blazars observing programme with the RATAN-600 radio telescope (2005–2015). A six-frequency (1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2, 21.7 GHz) data obtained for 300 blazars, mostly BL Lacs. In addition, we used data at 37 GHz obtained quasi-simultaneously with the Metsähovi radio observatory for some sources. In the blazar sample we have included members from all blazar subclasses: HSPs, ISPs and LSPs. The difference between these objects is the peak frequency of the synchrotron component of their spectral energy distribution (HSPs: high-energy peak, LSPs: low-energy peak, and ISPs: intermediate-energy peak). We present several epochs of flux density measurements, simultaneous radio spectra, spectral indices and variability parameters for these sources. LSPs and HSPs present, expectedly, the opposite ends of a spectrum of properties, resulting in quite different objects on average. HSPs are very faint in radio domain (median of the averaged fluxes at 7.7 GHz is 0.04 Jy) and tend to have steep low frequency spectra (below 7.7 GHz) with median value of spectral index is -0.69. We assign the differences between LSP and HSP spectra to a probable extended source of optically thin synchrotron emission in HSPs. A flatter spectral index at high frequencies (above 21.7 GHz) is associated with the presence of a compact flat-spectrum component for all subclasses of blazars.

Мониторинг блазаров на RATAN-600

The Roma BZCAT - 5th edition Multi-frequency Catalogue of Blazars Edition 5.0.0, January 2015

Class	N sources	α average	α median
1.1 – 7.7 GHz			
HSP	14	-0.68	-0.69
ISP	34	-0.56	-0.59
LSP	54	-0.12	-0.09
7.7 – 21.7 GHz			
HSP	10	-0.01	-0.05
ISP	50	-0.21	-0.29
LSP	134	-0.10	-0.08
11.2 – 37 GHz			
HSP	2	-0.11	–
ISP	6	0.17	0.09
LSP	48	0.01	-0.03



RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lac objects BLcat Edition 1.2, February 2016

Высокочастотная область спектра для всех подклассов блазаров более плоская, чем низкочастотная (дециметровая).

RATAN-600 multi-frequency data for the BL Lac objects

BLcat Edition 1.1, February 2015
M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova, R.Yu. Udovitskiy, T.V. Mufakharov, E.Nieppola, and A.K. Erkenov

ADS abstract

00h-04h 04h-08h 08h-12h 12h-18h **18h-20h** 20h-24h

Search by name

Page number: 1 Page Size (# of lines) all Refresh page(def option)

Entry number # select all	RATAN data	Set	Source name RA Dec name	Ra (J2000.0)	Dec (J2000.0)	Redshift	Rmag	Log ν_{peak}	Flux density	SED class	Blazar type	Selected type	Reference
343	Data Explorer	2	160207+332653	16:02:07	33:26:53	1.1	23	11.97	1.857	LSP	Blazar-un.type	RBL	29
344	Data Explorer	11	160341+110548	16:03:41	11:05:48	0.143	18.1	13.44	0.344	LSP	BL-Lac	RBL	43
345	Data Explorer	9	160706+155134	16:07:06	15:51:34	0.357	17.5	14.73	0.435	ISP	BL-Lac	RBL	10
346	Data Explorer	1	161002+671029	16:10:02	67:10:29	-	19.3	17.45	0.059	HSP	BL-Lac	RBL	61
347	Data Explorer	-	161706+410647	16:17:06	41:06:47	0.267	17.7	13.94	-	LSP	BL-Lac	RBL	60
348	Data Explorer	3	161823+363201	16:18:23	36:32:01	0.73	18.7	14.63	0.263	ISP	BL-Lac	RBL	30

<http://www.sao.ru/blcat/>

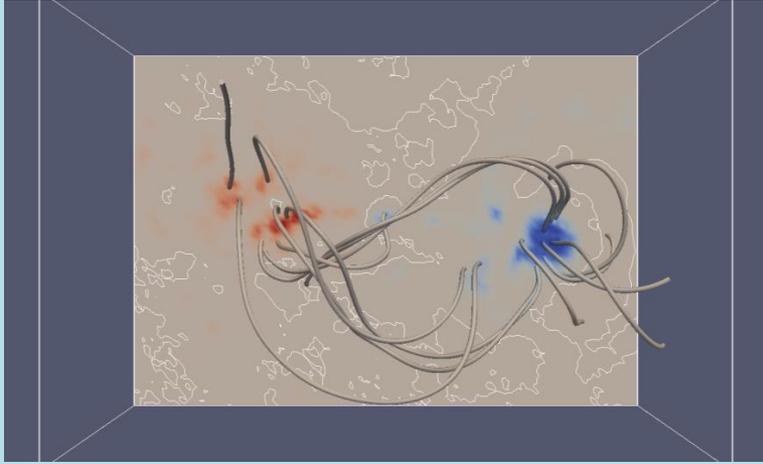


Исследование атмосферы активной области по данным микроволновых наблюдений и измерений магнитного поля в линиях Fe I и Ca II (Кальтман Т.И., Мышьяков И.И. и др., САО РАН, ИСЗФ СО РАН)

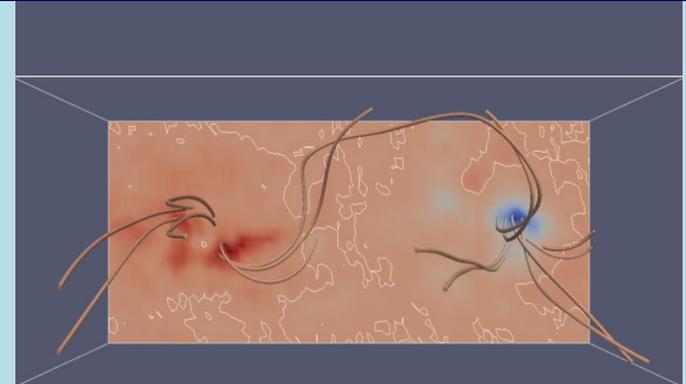


1. Для активной области NOAA 12436 на основе данных РАТАН-600 в диапазоне 16.5 - 3.37 ГГц выполнено **моделирование радиоизлучения** двух циклотронных источников, находящихся в широком флоккуле с тепловым тормозным излучением. По результатам моделирования получены оценки параметров плазмы – кинетической температуры и плотности электронов.
2. С использованием **нового модифицированного метода**, позволяющего наряду с векторными измерениями на уровне фотосферы дополнительно учитывать данные измерений продольного поля на уровне хромосферы. На основе этого была введена поправка в расчет коронального МП. Коротко говоря, в работе строилась модель поля по измерениям не на одном уровне, а на двух.
3. По результатам моделирования радиоизлучения в согласии с данными наблюдений на РАТАН-600 получены оценки параметров плазмы: высота основания короны 1500-1600 км, кинетическая температура электронов $(1.5-2.5) \times 10^6$ К на эффективных высотах излучения от 1500 до 10 000 км (для диапазона частот от 16.5 до 3.37 ГГц), средняя плотность электронов $(2-4) \times 10^9 / \text{см}^3$. **Для исследования атмосферы на больших высотах требуются дополнительные данные радионаблюдений на частотах меньших 3ГГц.**

Корональное магнитное поле AR 12436, 22.10.2015 восстановлено в нелинейном бессилово приближении



SOLIS + Хромосферная магнитограмма



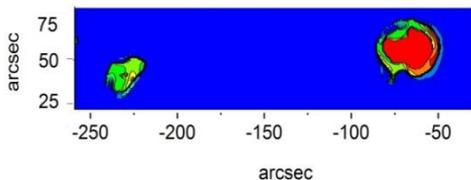
Магнитограф АСТ ССО



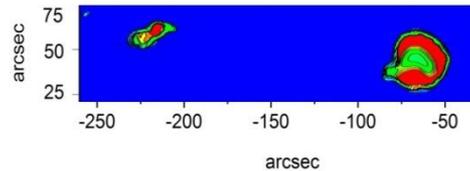
Магнитограф SOLIS

Карты распределения рассчитанной яркостной температуры на 5.2 см.

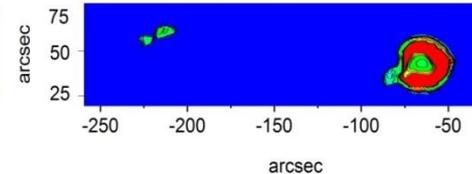
АСТ ССО



SOLIS



SOLIS+chrom



Сравнение модельных сканов с данными наблюдений на РАТАН-600 в диапазоне 16.5 - 7.6 ГГц

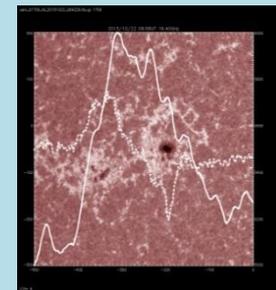
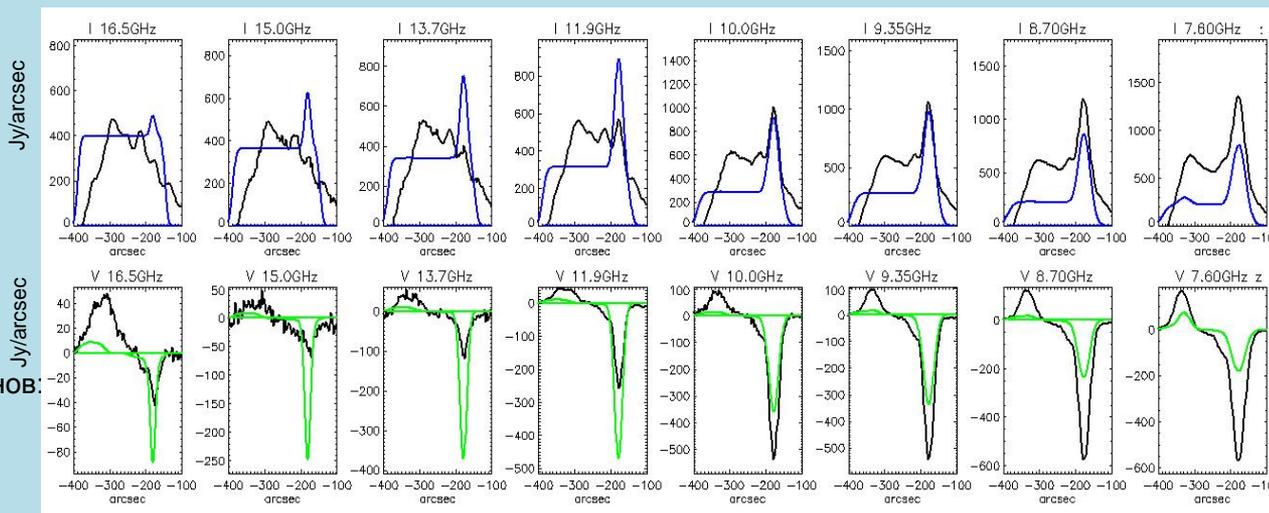
Моделирование на основе данных АСТ ССО

AIA SDO и PATAH-600

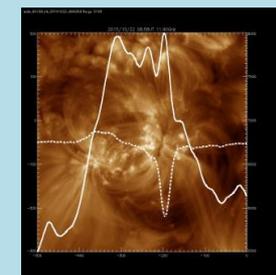
Высота основания короны:
 $h_{cor}=1600$ км

Корональная температура:
 $T_{kin}=2.5 \cdot 10^6$ К

Плотность электронов:
 $N_e=4 \text{ e9 эл/см}^3$



1700A, 16.4 ГГц



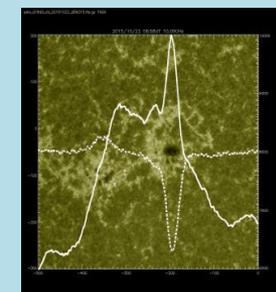
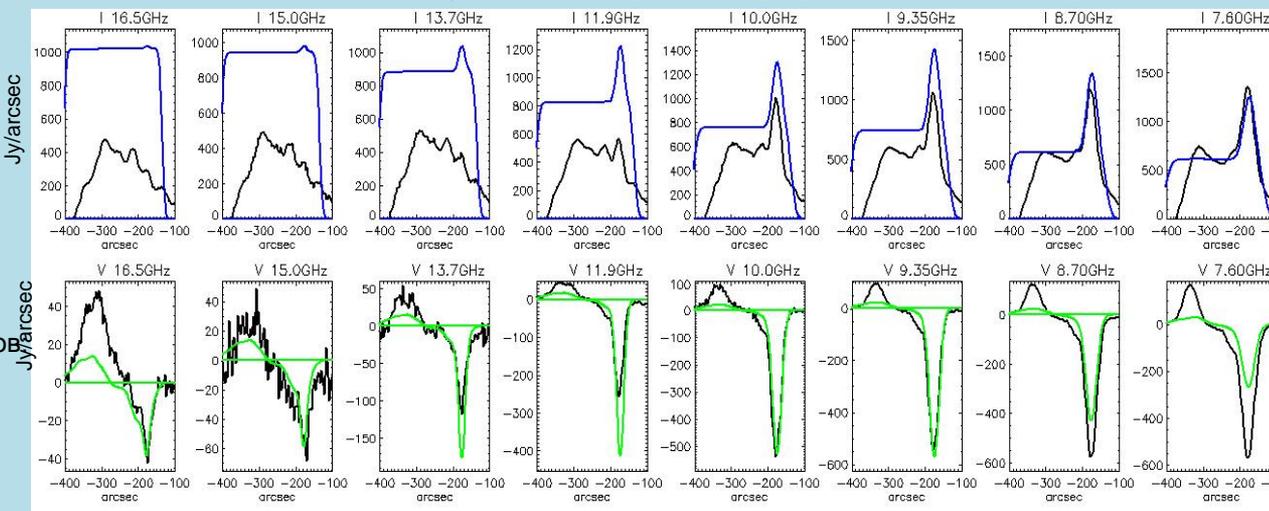
193A, 11.9 ГГц

Моделирование на данных SOLIS с учетом хромосферной магнитограммы

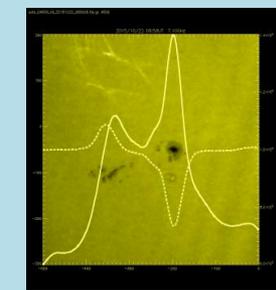
Высота основания короны:
 $h_{cor}=1600$ км

Корональная температура:
 $T_{kin}=1.5 \cdot 10^6$ К

Плотность электронов:
 $N_e=3 \text{ e9 эл/см}^3$



1600A, 10.0 ГГц

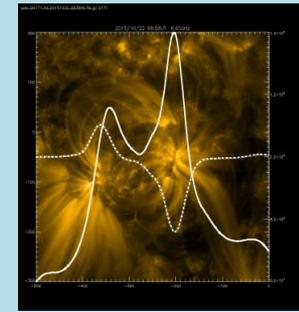


4500A, 7.1 ГГц

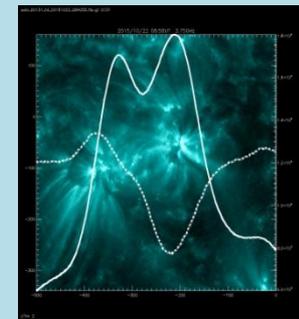
Расчетная полная интенсивность I показана **синим** цветом, расчетное поляризованное излучение V – **зеленым**, соответствующие данные наблюдений РАТАН-600 – **черным**. Уровень расчетного free-free излучения примерно одинаков во всем диапазоне и смоделирован в грубом предположении об изотропном распределении плотности электронов N_e . С длиной волны растет вклад циклотронного излучения. Слева указаны в результаты моделирования параметры корональной плазмы.

Сравнение смоделированных сканов с данными наблюдений на PATAH-600 в диапазоне 6.65 - 3.37 ГГц

Моделирование на основе данных АСТ ССО

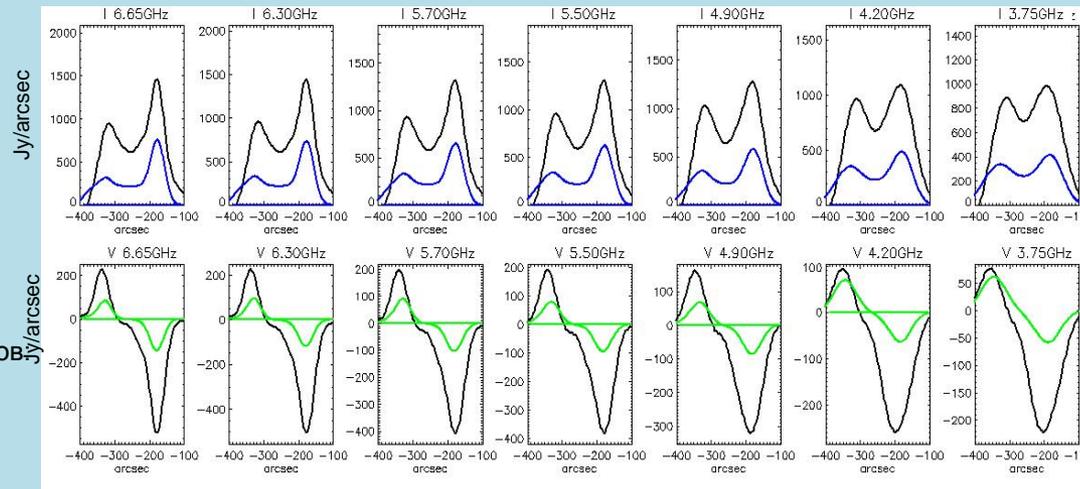
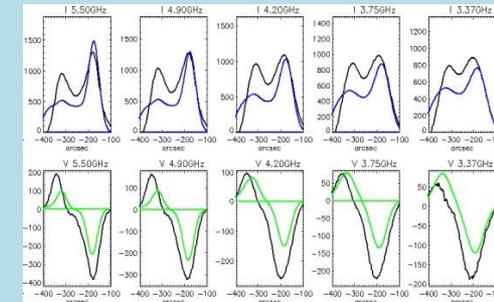


171A, 6.65 ГГц



131A, 3.75 ГГц

$T_{kin} = 3.5 \text{ e6 K}$



Высота основания короны:
 $h_{cor} = 1600 \text{ км}$

Корональная температура:
 $T_{kin} = 2.5 \cdot 10^6 \text{ K}$

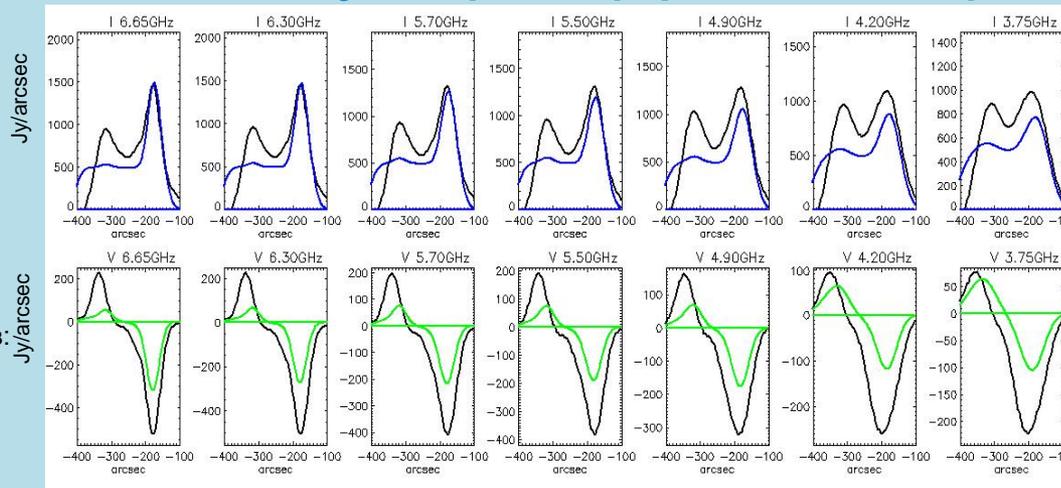
Плотность электронов:
 $Ne = 4 \cdot 10^9 \text{ эл/см}^3$

Моделирование на SOLIS + учет хромосферной магнитограммы

Высота основания короны:
 $h_{cor} = 1600 \text{ км}$

Корональная температура:
 $T_{kin} = 2.5 \cdot 10^6 \text{ K}$

Плотность электронов:
 $Ne = 4 \cdot 10^9 \text{ эл/см}^3$



Расчетная полная интенсивность I показана **синим** цветом, расчетное поляризованное излучение V – **зеленым**, соответствующие данные наблюдений PATAH-600 – **черным**. Параметры плазмы заданы такие же, как на предыдущем слайде для АСТ ССО. С уменьшением частоты растет различие между наблюдаемым и расчетным уровнями излучения. Увеличение расчетной температуры не разрешает этого противоречия до конца (см. пример справа для 3.5 млн К). Предположительно, усиливается вклад нетеплового излучения корональных петель, неучтенный в данной модели.

планы

- ❖ Поддержание проектных параметров, модернизация и создание новой аппаратуры: приемно-измерительные комплексы (радиометры, системы сбора данных и управления экспериментом);
- ❖ Борьба с помехами;
- ❖ Ввод в штатную эксплуатацию радиометров на 23.3 и 6 см;
- ❖ Контроль и повышение точности отражающей поверхности;
- ❖ Архивизация наблюдательных данных и организация к ним доступа; сопровождение и поддержка баз данных
<http://www.spbf.sao.ru/prognoz/>, <http://www.sao.ru/blcat/>.

Спасибо за внимание:-)

