

Конференция пользователей 25/04/2023

**РАТАН-600
2022-II**

13.8 208 3.9 7.6 8.2 13
ВНИМАНИЕ! Включены СВЧ-приемники

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ РАТАН-600 2022

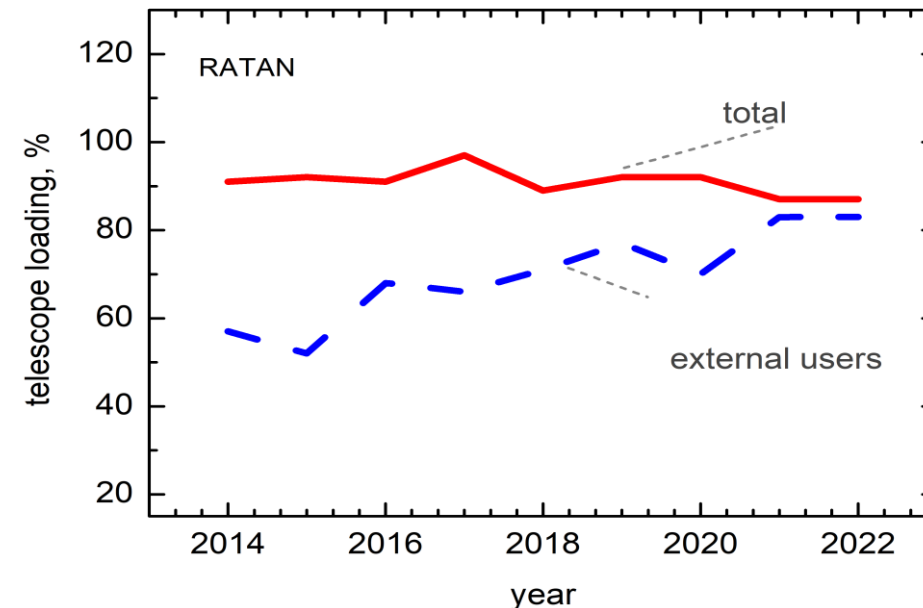
Поддержанные наблюдательные заявки

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
29	24	26	36	29	29	30	32	29

Организации-пользователи

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
14	11	13	18	20	20	25	19	31

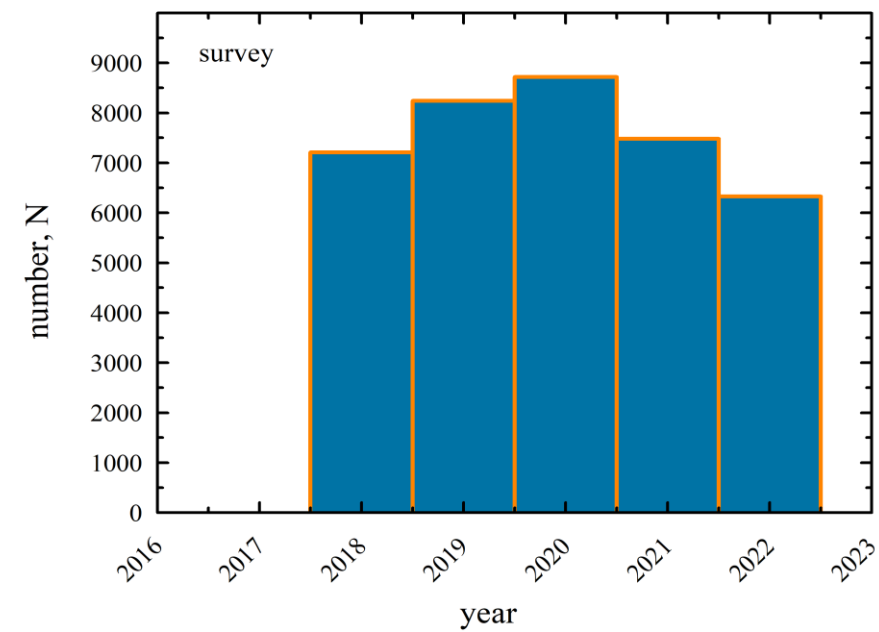
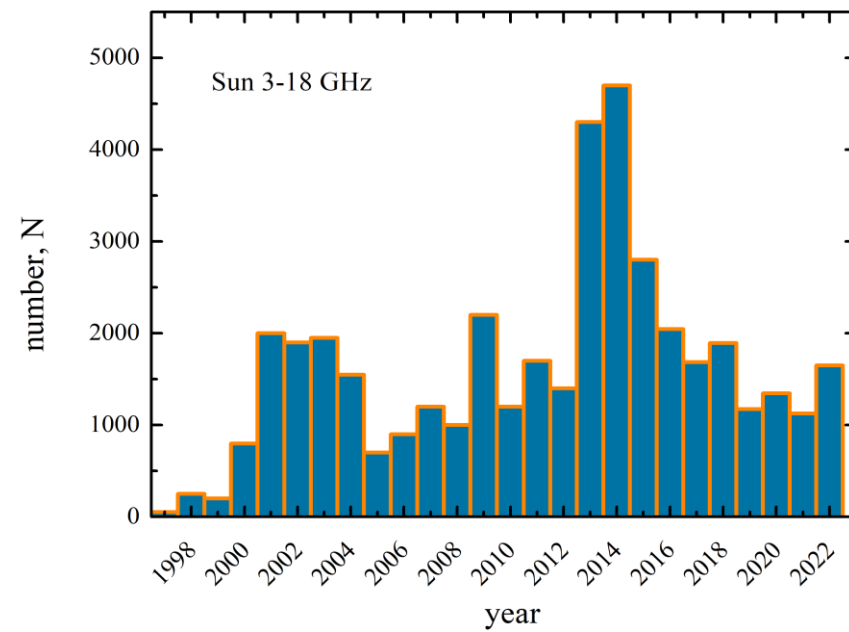
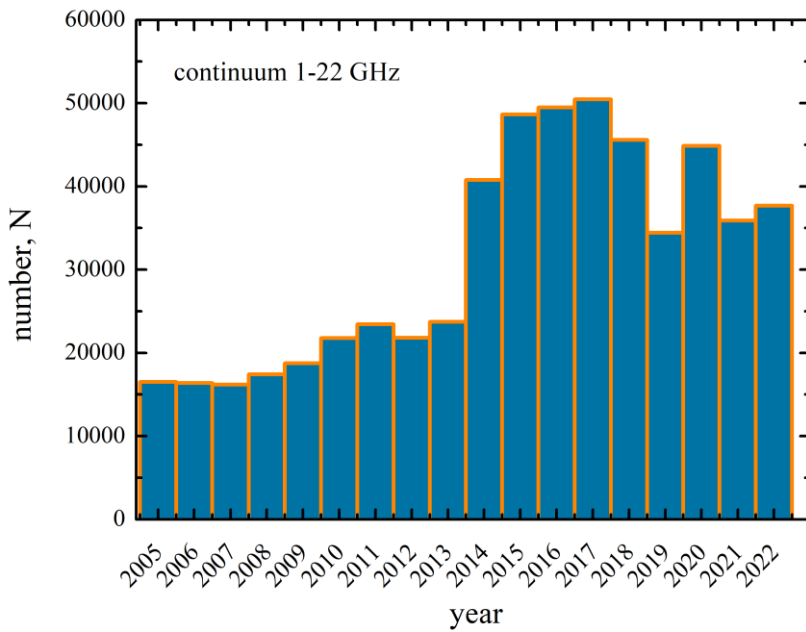
год	Макс. возм. ч	Фактич. время работы, ч		загрузка телескопа	в интересах третьих лиц
		всего	сторон. польз.		
2014	8784	8022	4600	91%	57%
2015	8760	8054	4228	92%	52%
2016	8784	7992	5415	91%	68%
2017	8231	7973	5230	97%	66%
2018	8760	7812	5602	90%	71%
2019	6445	5968	5009	92%	77%
2020	7404	6864	4805	92%	70%
2021	8760	7632	6309	87%	83%
2022	8760	6802	5154	78%	76%





СТАТИСТИКА 2022

	Континуум 1-22 ГГц (Обл. №1, 2)	ССПК 3-18 ГГц (Обл. №3)	Многолучевой 4.7 ГГц (Обл. №5)
План	41736	1768	6911
Потери	4075 (9.8 %)	120 (6.8 %)	582 (8.4 %)
Погода	3630 (8.7 %)	60 (3.4 %)	572 (8.3 %)
Аппаратура	31 (0.1 %)	2 (0.1 %)	7 (0.1 %)
Антенна	76 (0.2 %)	1 (0.1 %)	0 (0 %)
Прочее	338 (0.8 %)	57 (3.2 %)	3 (0.04 %)



МЕТОДЫ 2022

f_0 (GHz)	Δf_0 (GHz)	ΔF (mJy/beam)	HPBW _x sec	AR arcsec
22.3	2.5	70	1.0	11
11.2	1.4	20	1.4	16
8.2	1.0	25	2.0	22
4.7	0.6	5	3.2	36
2.25	0.08	40	7.2	80
1.28	0.06	175	15.4	170

f_0 (GHz)	Δf_0 (GHz)	ΔF (mJy/beam)	HPBW _x sec	AR arcsec
22.3	2.5	88	1.5	16.5
11.2	1.0	20	2.0	25
4.8	0.6	11	4.8	50
2.25*	0.08	80	11	121

Методы 1-2: Измерение спектральной плотности потока радиоизлучения космических объектов в диапазоне 1.3-21.7 ГГц на приемно-измерительных комплексах вторичных зеркал №1 и №2 (континуум).

parameters	
frequency range	3.0 - 18 GHz
frequency resolution levels	80 channels - 100 MHz; 10 channels - 1500 MHz;
time resolution	0.0025 sec ⁻¹
sensitivity by flux density	0.01 s.f.u.
dynamic range	> 60 dB

Метод 3: Измерение интенсивности и поляризации радиоизлучения дискретных радиоисточников и Солнца в частотном диапазоне 3-18 ГГц на ССПК-2016 (вторичное зеркало №3).

f_0 (GHz)	Δf_0 (MHz)	ΔF (mJy/beam)	HPBW _x sec	AR arcsec
4.40-4.55	0.15	10	3.2	35
4.55-4.70	0.15	10	3.2	35
4.70-4.85	0.15	10	3.2	35
4.85-5.00	0.15	10	3.2	35

Метод 4: Измерение спектральной плотности потока радиоисточников в диапазоне частот 4.4-5.0 ГГц с высоким временным разрешением (60 μs) на многолучевом спектральном комплексе (вторичное зеркало №5).



КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ ОБЪЕКТОВ ТЕЛЕСКОПА

Металлоконструкции ГЗ (Южный, Восточный, Плоский):

Общая площадь поверхности металлоконструкций телескопа ~ 110 000 м²

Обработка поверхности: 2017-2022 гг. порядка ~ 81 000 м² (в 2021 67 000 м²)

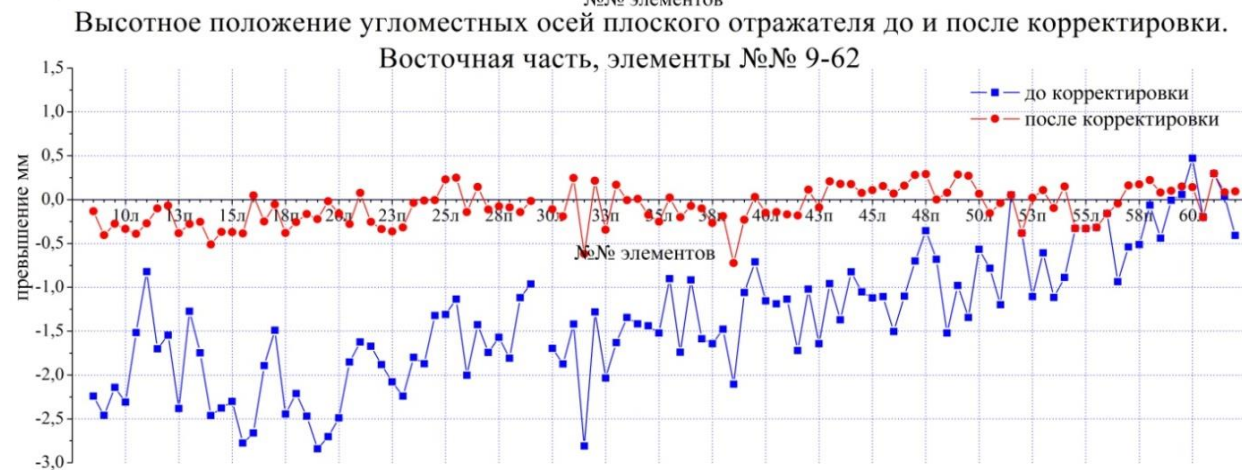
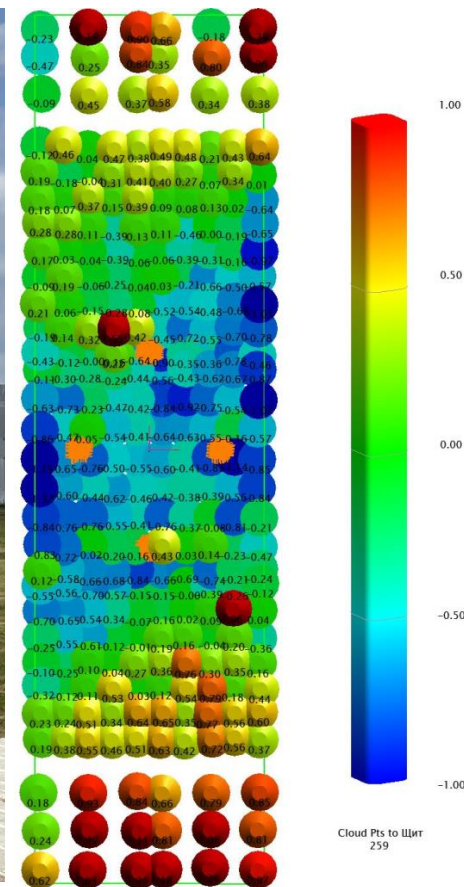
Рельсовые пути (дуговые)

Завершение замены электроприводного оборудования Плоского отражателя

2022: ~30 элементов

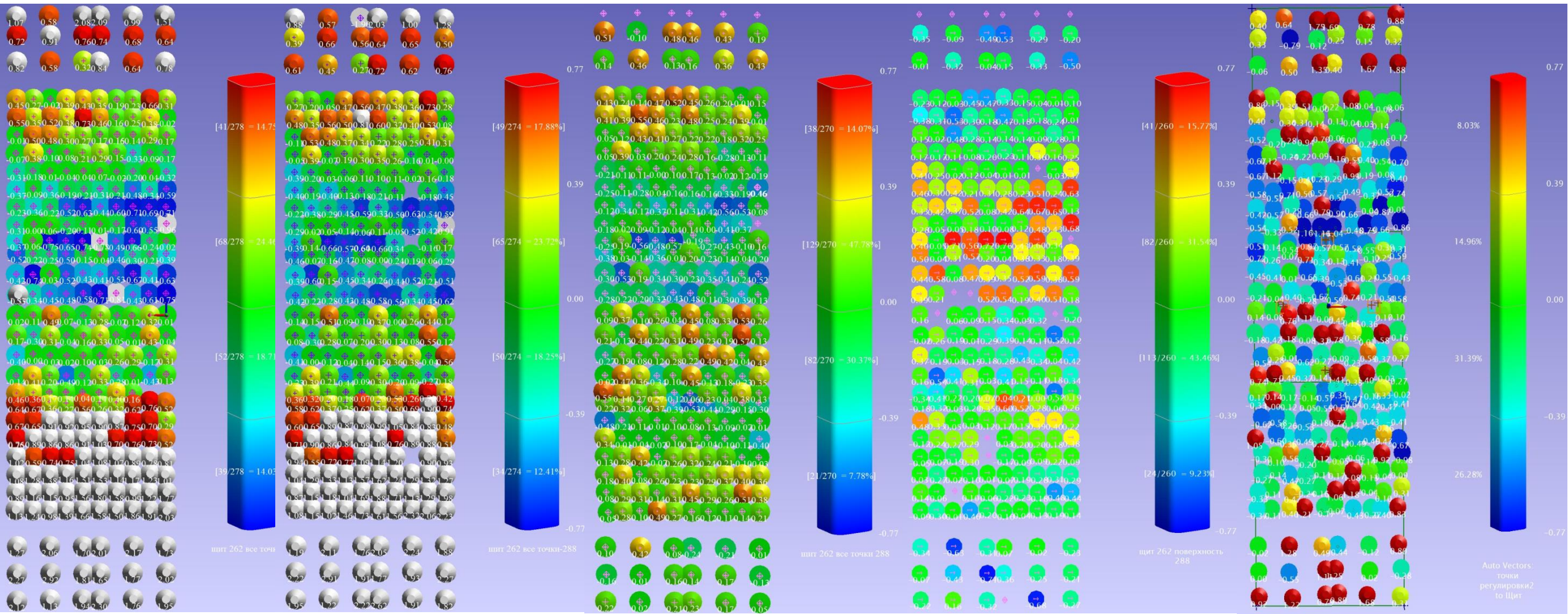


1. Проверка состояния отражающей поверхности отдельных элементов ГЗ.
2. Юстировка планового и высотного положения восточной части Плоского отражателя (завершение 2-х летних работ).
3. Разработка методики оперативной проверки состояния отражающей поверхности.
4. Метрологическое обеспечение наблюдений на РАТАН-600 (2 плановые юстировки).



ДИНАМИКА ДЕГРАДАЦИИ НЕЗАКРЕПЛЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

САО РАН 25/04/2023



2012, СКО=0.81

2015, СКО=0.86

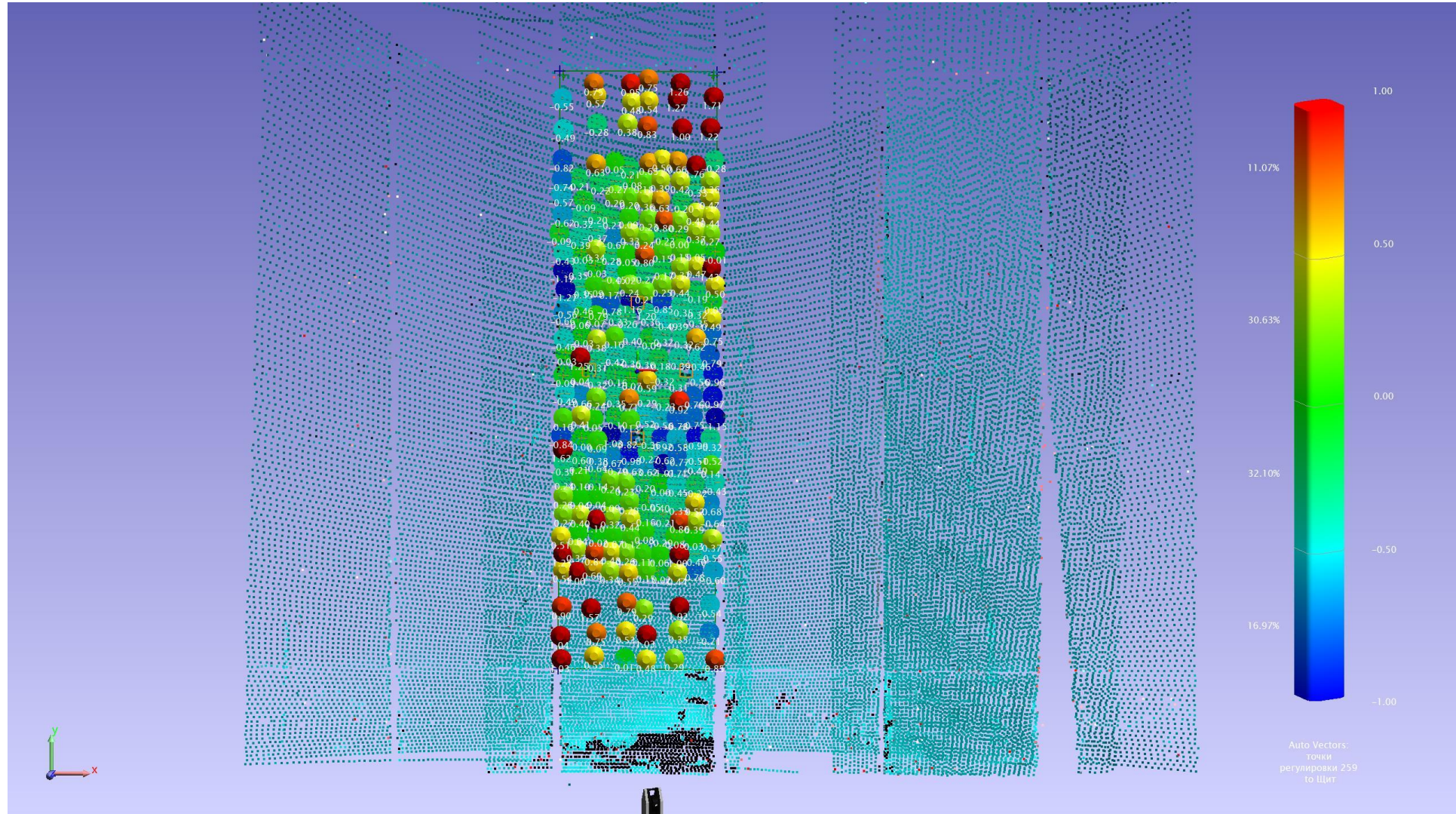
2015, корректировка

СКО=0.28

НЕ ЗАКРЕПЛЕН ДАЛЕЕ

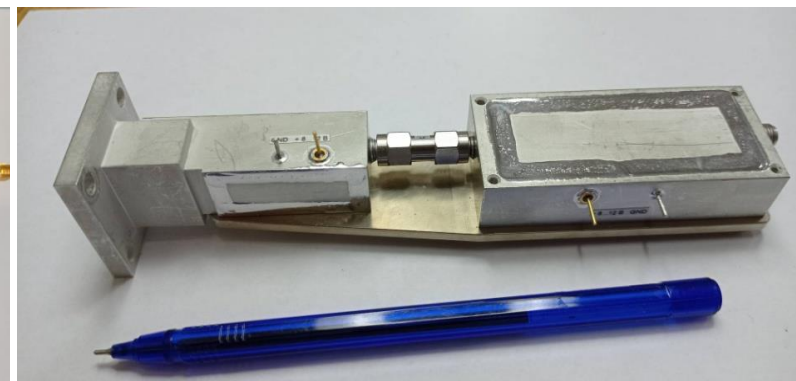
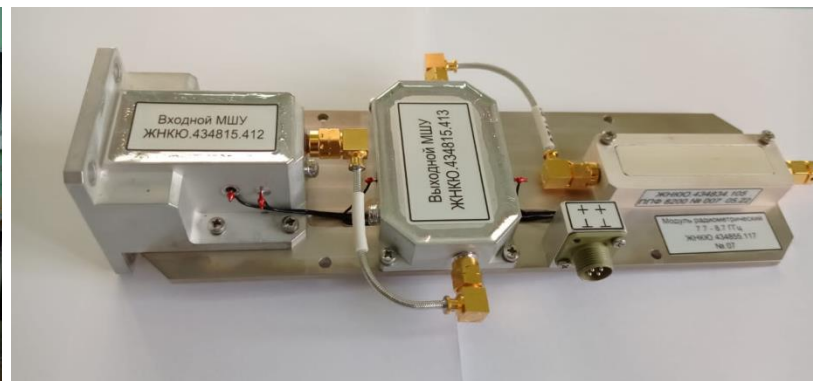
2017, СКО=0.26

2023, СКО=0.62



Элементы 257-262 – скан и обработка

ДВУХДИАПАЗОННАЯ РУПОРНАЯ АНТЕННА 1.4 И 2.3 ГГц. МОДУЛЬНЫЕ РАДИОМЕТРЫ СМ ДИАПАЗОНА



Параметры облучателя

Диапазон 1: 1400-1500 МГц

Диапазон 2: 2200-2500 МГц

Ширина ДН по уровню -10дБ: 110 градусов

Поляризация: линейная

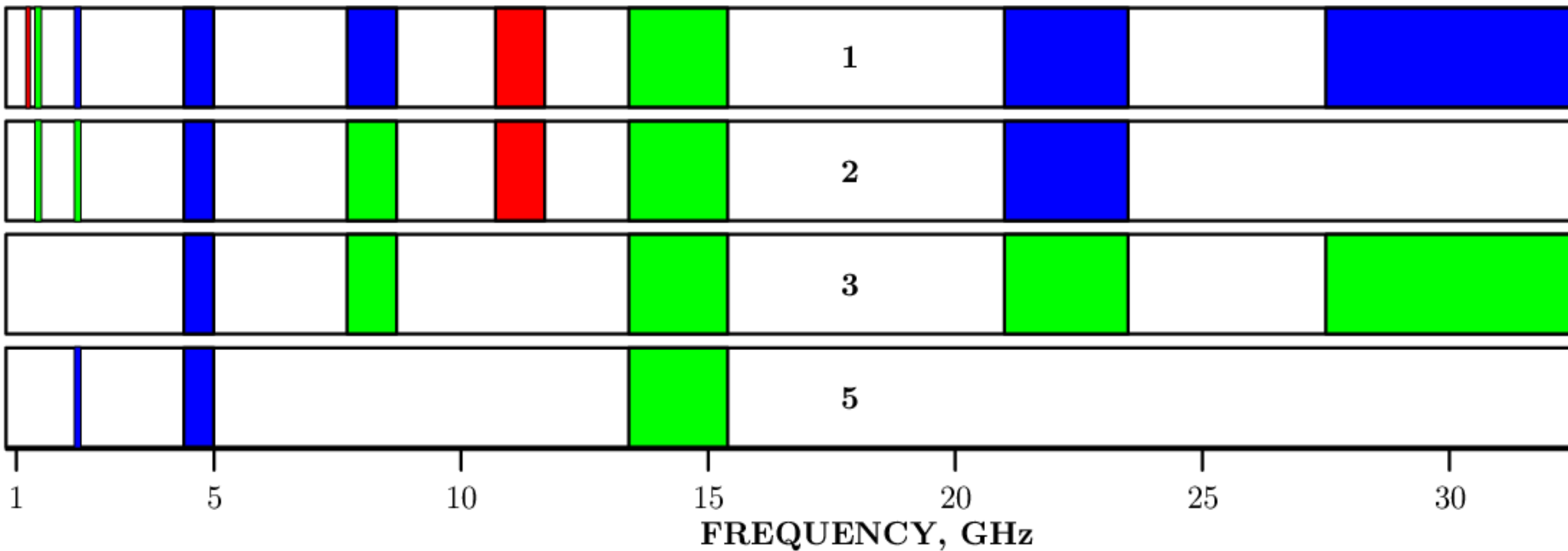
минимизация боковых лепестков ДН (не хуже -17 дБ)

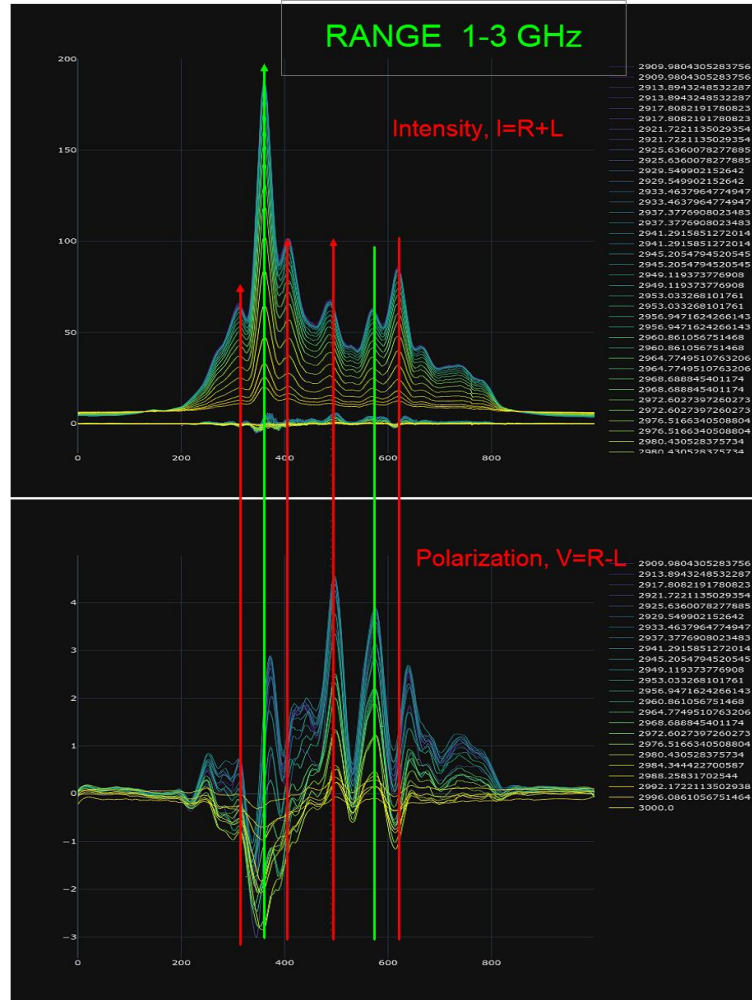
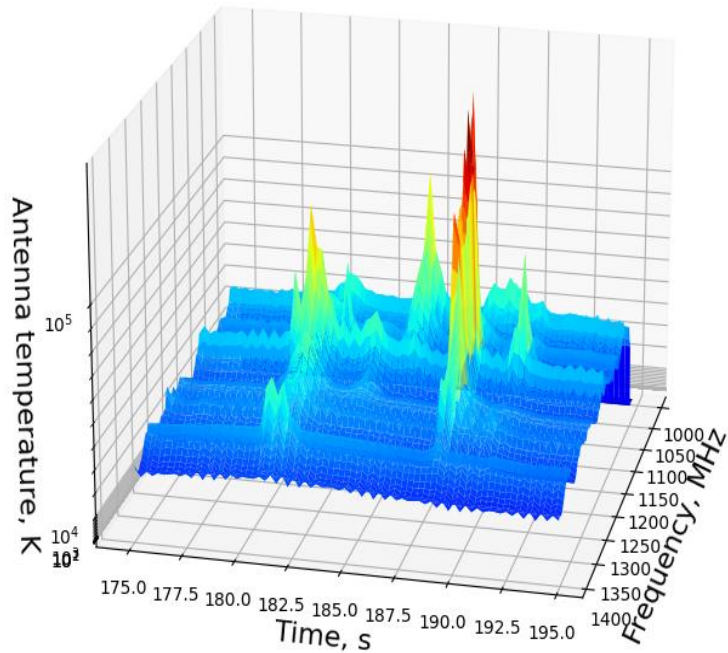
минимизация коэффициента шума (не более 0.5 дБ)

Радиометрические модули диапазонов 8.2 ГГц (сверху), 1.35 см и 1.9 см (снизу). Диапазон 21.0-23.5 ГГц, 13.5-15.5 ГГц, коэффициенты шума 1.3 и 1.2 дБ.

Подготовка двух комплектов 4-канальных приемных устройств: 30 ГГц ($\Delta f=5$ ГГц), 22 ГГц ($\Delta f=2.5$ ГГц), 14.5 ГГц ($\Delta f=2$ ГГц) и 8.2 ГГц ($\Delta f=1$ ГГц).

Secondary mirror





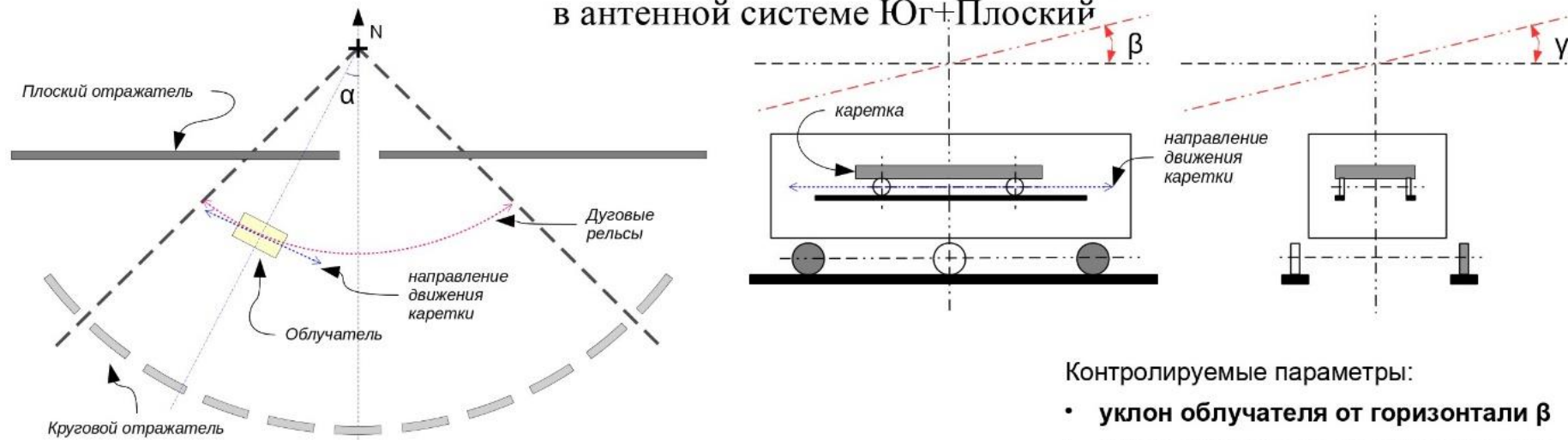
parameters	
frequency range	1.0 - 18 GHz
frequency resolution levels	80 channels - 100 MHz; 10 channels - 1500 MHz;
time resolution	0.0025 sec ⁻¹
sensitivity by flux density	0.01 s.f.u.
dynamic range	> 60 dB

Метод: Тестовая эксплуатация - Измерение интенсивности и поляризации радиоизлучения дискретных радиоисточников и Солнца в частотном диапазоне 1-18 ГГц на ССПК-2016

Пример регистрации тонкой временной структуры в короне Солнца с чувствительностью до 10^{-3} s.f.u.

Расширение частотного диапазона 1-3 ГГц (1-18 ГГц)
 Предельное частотное разрешение 10^{-5} (122 кГц, 8196 кан/ГГц)
 Чувствительность на уровне сигнала спокойного Солнца - 10^{-4} с.е.п.
 Динамический диапазон 10^9
 Максимальное временное разрешение – $8 \cdot 10^{-3}$ сек

Схема наблюдений, основные контролируемые параметры облучателя тип 3, в антенной системе Юг+Плоский



Контролируемые параметры:

- **уклон облучателя от горизонтали β**
- **уклон облучателя от горизонтали α**
- скорость облучателя
- **положение облучателя**
- положение каретки
- скорость движения каретки

Режимы наблюдений:

- **режим с предустановкой (штатный)**
- слежение со сканированием
- слежение за заданной координатой



Реализация режима слежения на РАТАН-600 расширяет возможности инструмента для исследования динамики активных областей на Солнце и накопления сигнала в задачах, требующих высокой чувствительности.

НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ 2022

Внегалактические:

1. Многочастотный мониторинг переменности блазаров на длительных временных масштабах, (ШАО Китайской АН, Китай).
2. Исследование радиогалактик FRO (CAO РАН, РФ).
3. Мониторинг SRGE J170245.3+130104 - самого мощного рентгеновского квазара на $z>5$ (ИКИ РАН, РФ).
4. Радиоспектры и переменность квазаров на $z>4$ (CAO РАН, INFIP, Аргентина).
5. Радиосвойства гидроксильных мегамазеров ОНМ (Университет Гуйчжоу, Китай).
6. Исследование радиосвойств галактик на $z>3$ (CAO РАН).
7. IceCube триггер: ежемесячный мониторинг на PATAN-600 активных галактик - новых кандидатов в источники нейтрино высоких энергий (ИЯИ РАН, РФ).
8. PATAN-600 в многоканальной астрономии: полная выборка РСДБ-компактных струй в ядрах галактик как индикаторов нейтрино высоких энергий (АКЦ ФИАН, МФТИ, РФ).

Галактические:

9. 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).
10. Поиск быстрых радиовсплесков* (CAO РАН, РФ).

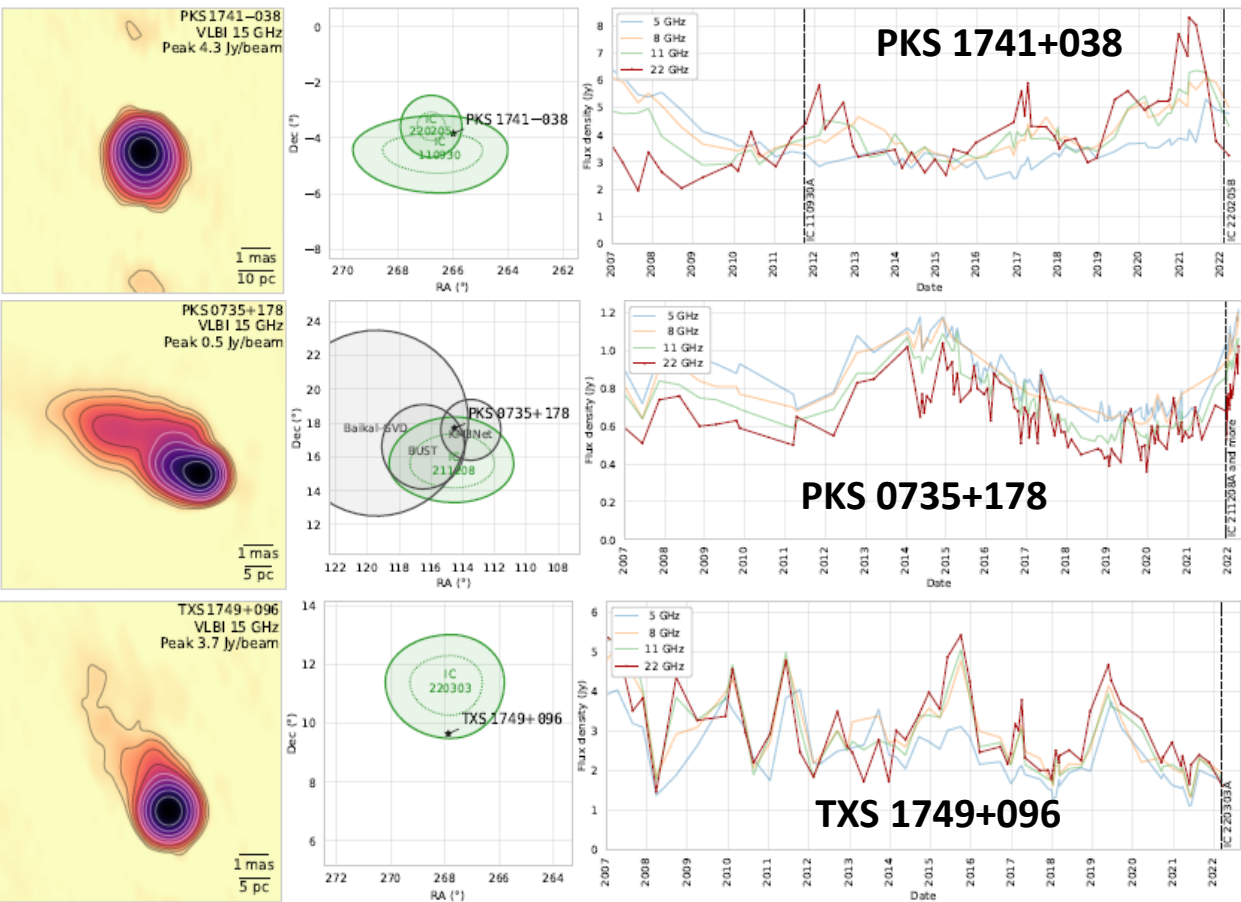
Солнце:

11. Исследование вспышечных плазменных структур в дециметровом диапазоне с новыми техническими возможностями PATAN-600 (CAO РАН, РФ);
12. Пополнение каталога горячих плазменных струй в короне Солнца (CAO РАН, РФ);
13. Исследование сверхслабой солнечной активности на микроволнах (ИСЗФ СО РАН, РФ);
14. Развитие методов определения физических условий в активных областях на Солнце (СПбГУ, РФ);
15. Совместные исследования хромосферы и переходной области солнечных пятен на интерферометре ALMA и PATAN-600 (Технологический Институт Нью-Джерси, США).
16. Корреляционный анализ между предвспышечным сигналом Call K и радиовспышками (CAO РАН, КГУ)

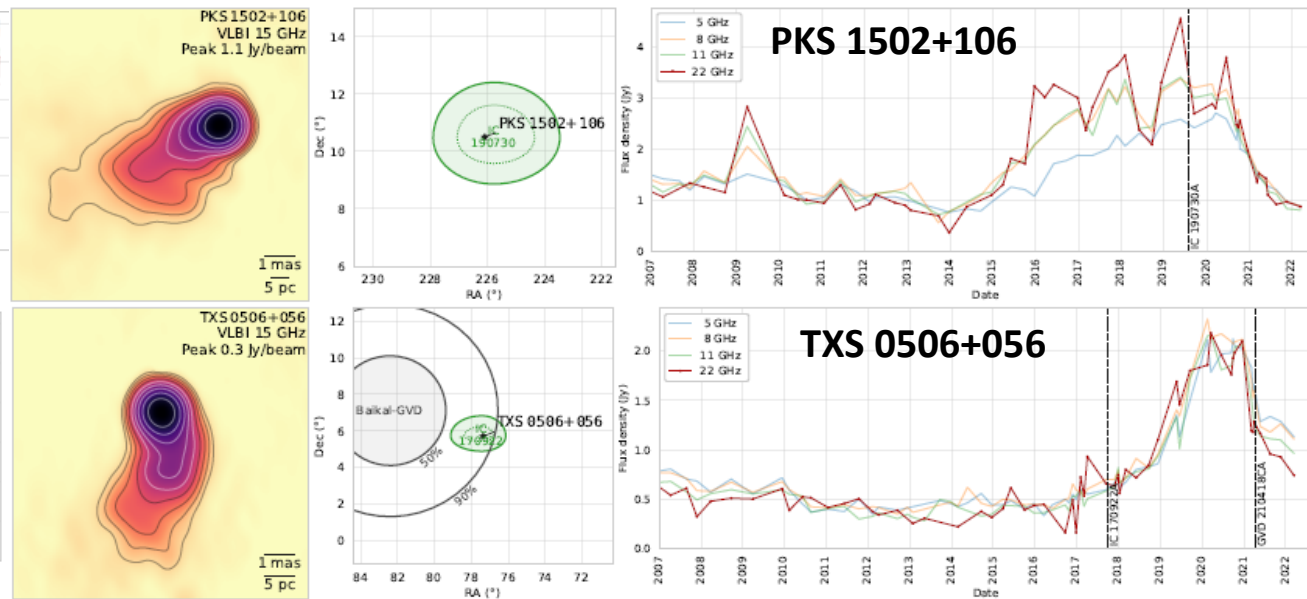
Аппаратурно-методические:

17. Позиционирование вторичного зеркала №3 (CAO РАН, РФ).

IceCube триггер: ежемесячный мониторинг на РАТАН-600 ... (ИЯИ РАН) РАТАН-600 в многоканальной астрономии ... (АКЦ ФИАН, МФТИ)

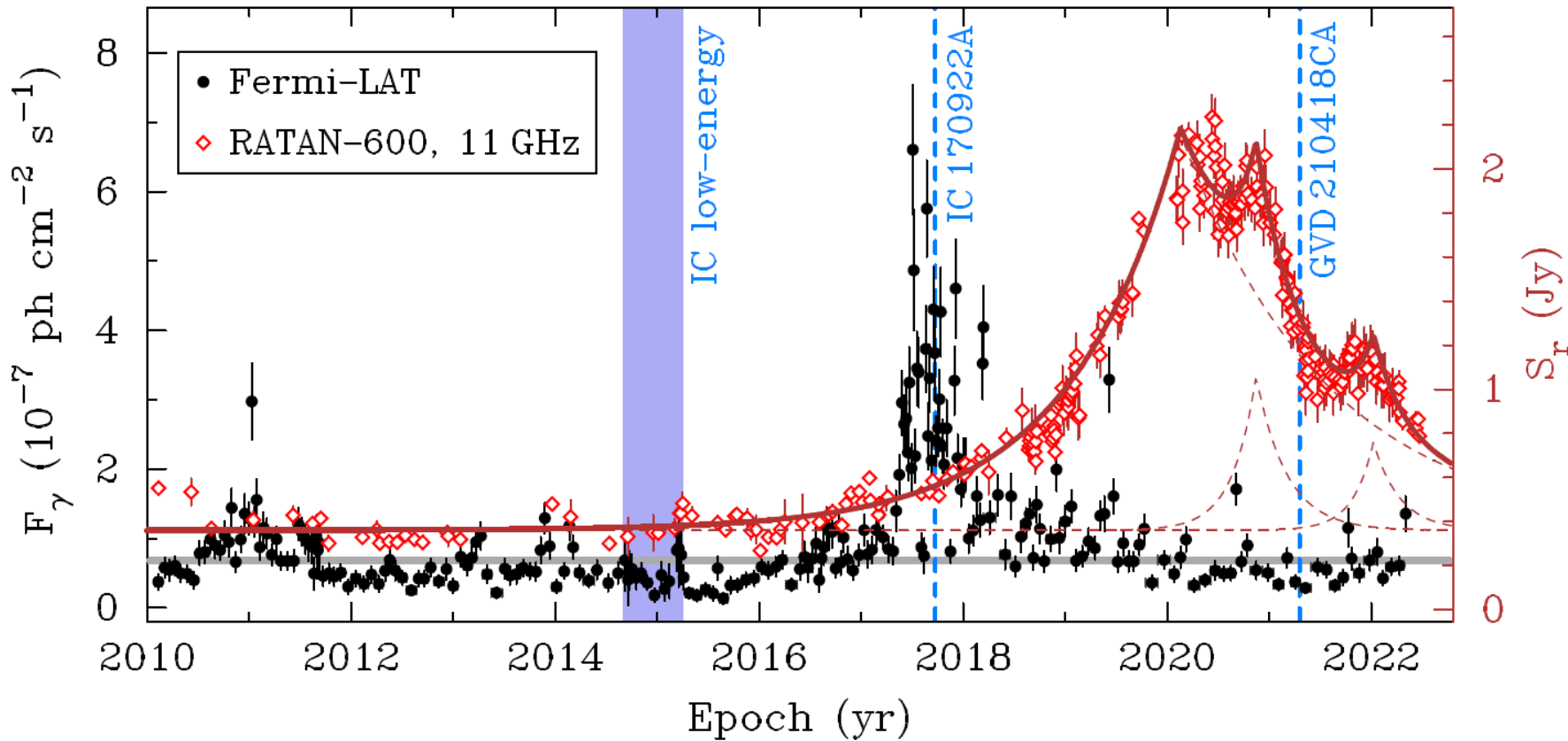


Growing evidence for high-energy neutrinos originating in radio blazars ; <https://arxiv.org/abs/2211.09631>



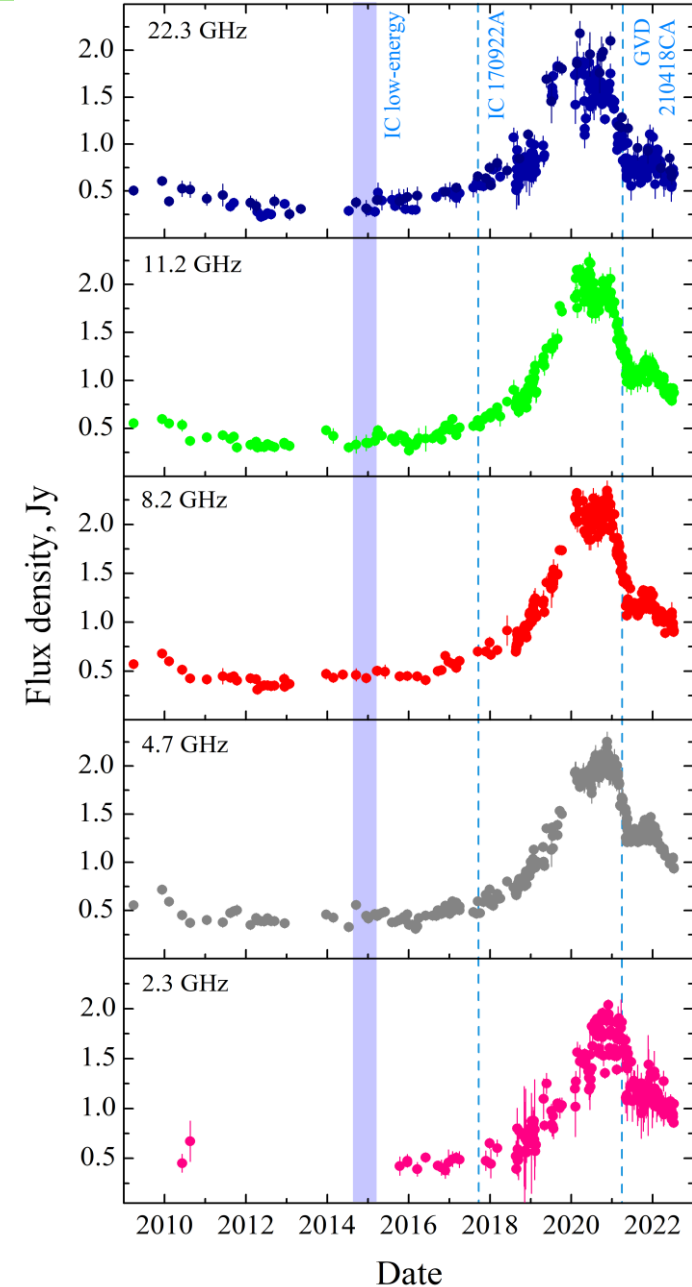
Некоторые блазары, ассоциированные с событиями нейтрино IceCube

РАТАН-600 В МНОГОКАНАЛЬНОЙ АСТРОНОМИИ: (АКЦ ФИАН, МФТИ)



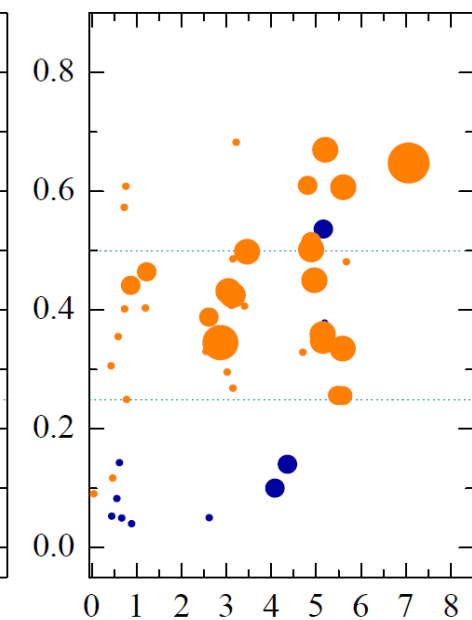
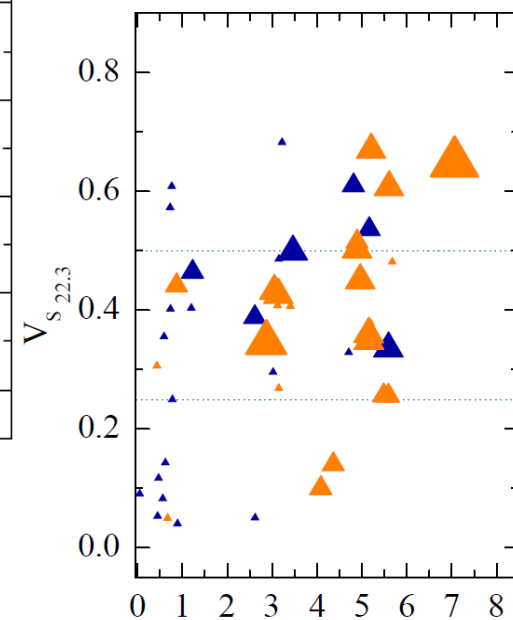
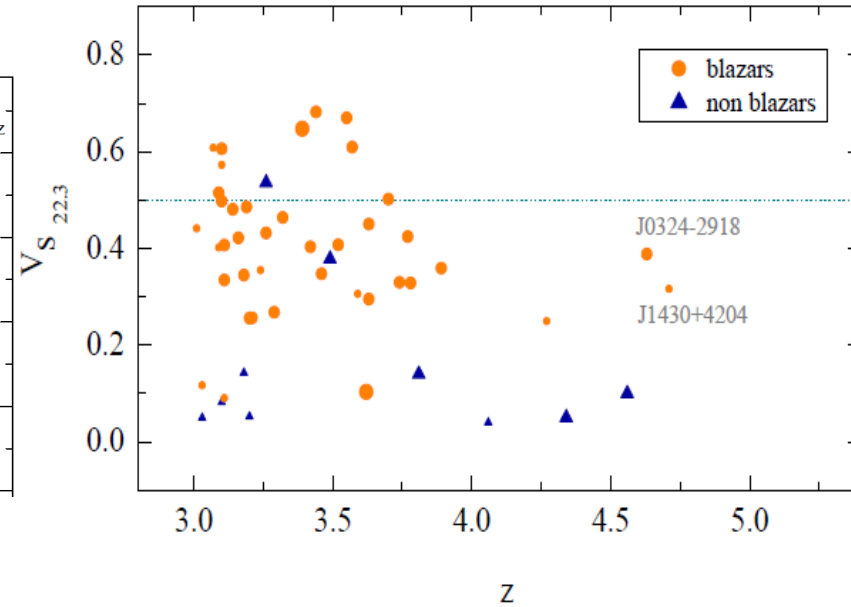
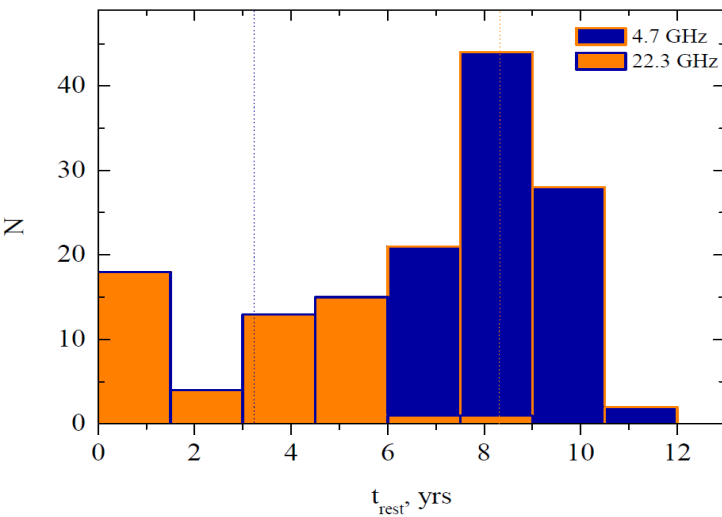
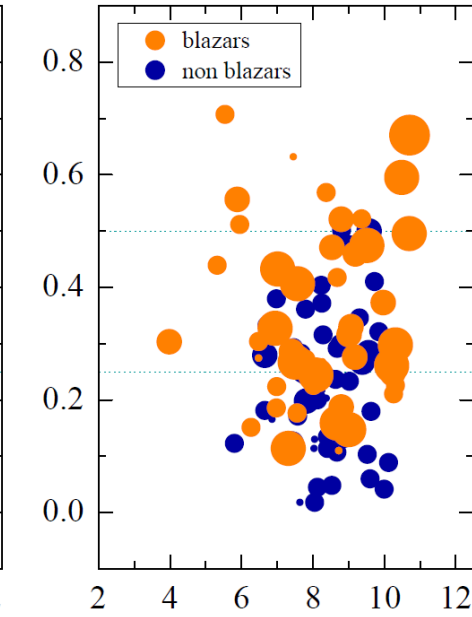
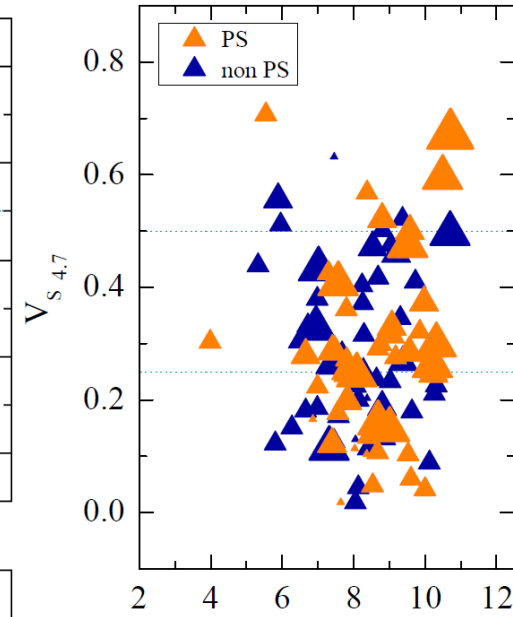
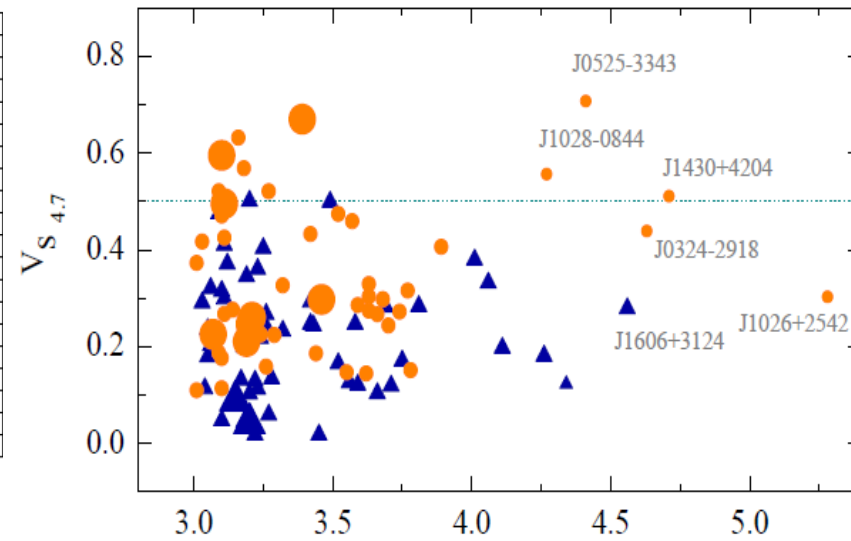
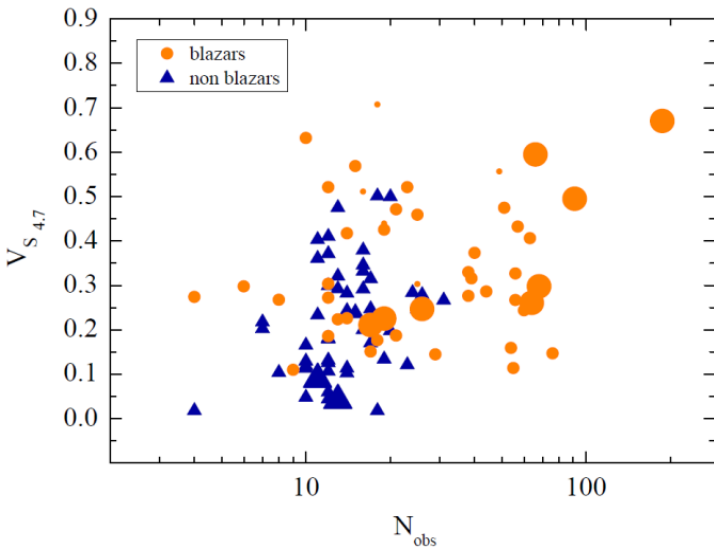
High-energy neutrino-induced cascade from the direction of the flaring radio blazar TXS 0506+056 observed by the Baikal Gigaton Volume Detector, 2022, [Nature Astronomy](https://arxiv.org/pdf/2210.01650.pdf), <https://arxiv.org/pdf/2210.01650.pdf>.

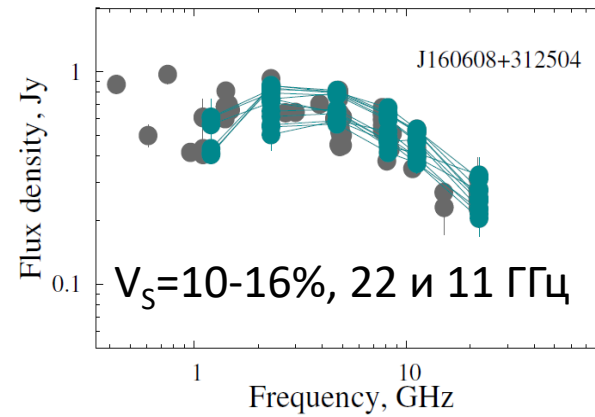
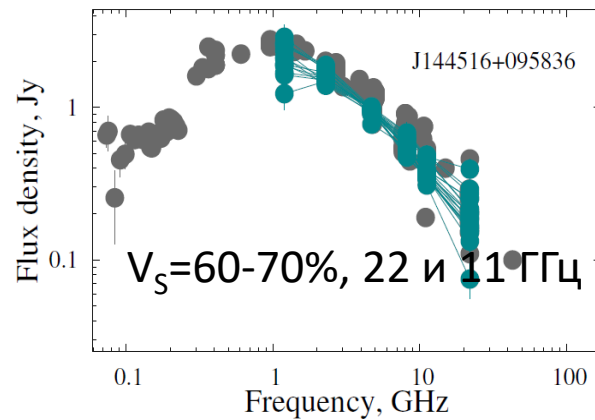
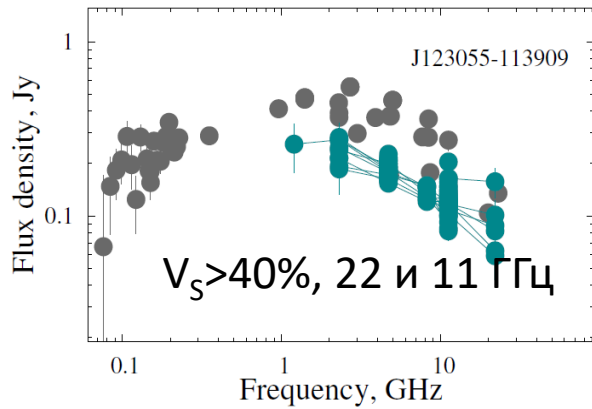
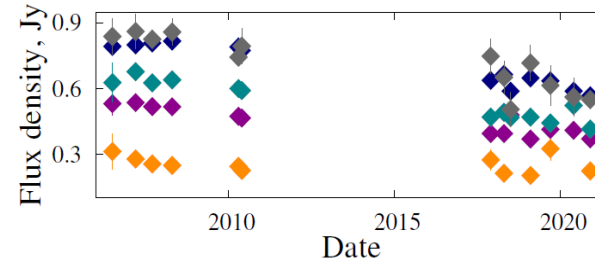
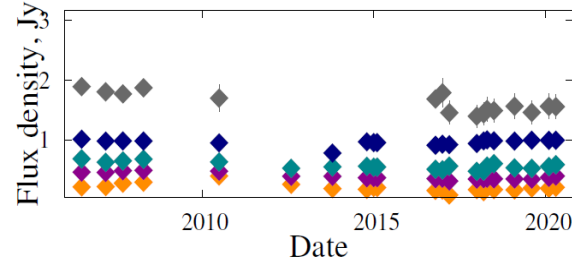
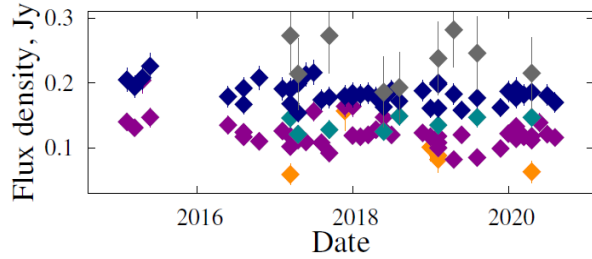
$$\Delta S(t) = \begin{cases} \Delta S_{\max} e^{(t-t_{\max})/\tau}, & t < t_{\max} \\ \Delta S_{\max} e^{(t_{\max}-t)/1.3\tau}, & t > t_{\max} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{Valtaoja et al. 1999} \\ \text{Hovatta et al. 2009} \end{array}$$



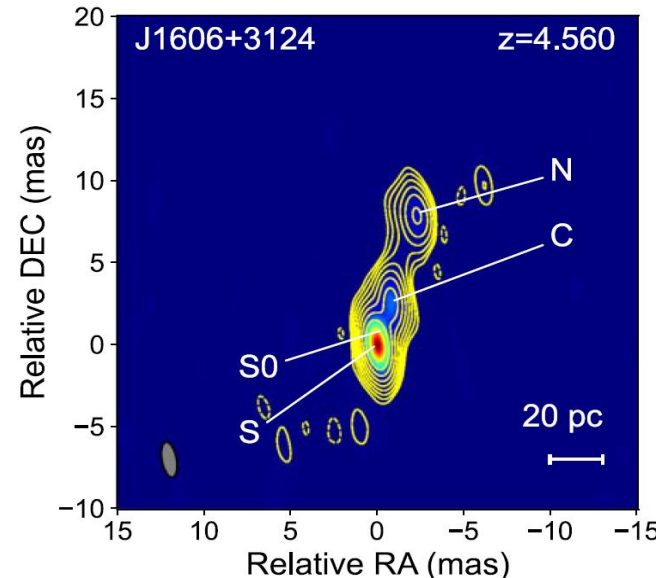
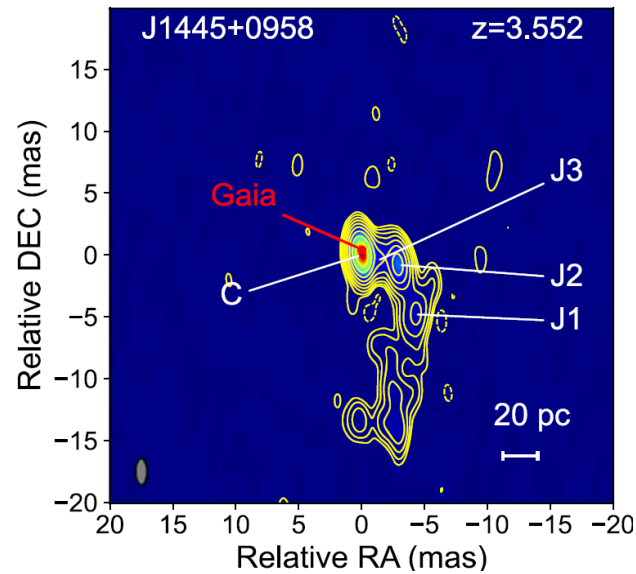
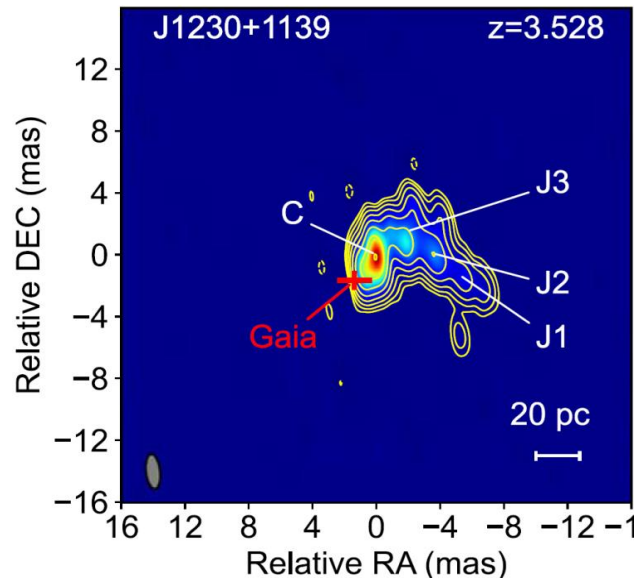
HIGH-REDSHIFT QUASARS: $z \geq 3$; $z \geq 4$ (CAO PAH, SHAO CAS)

CAO PAH 25/04/2023



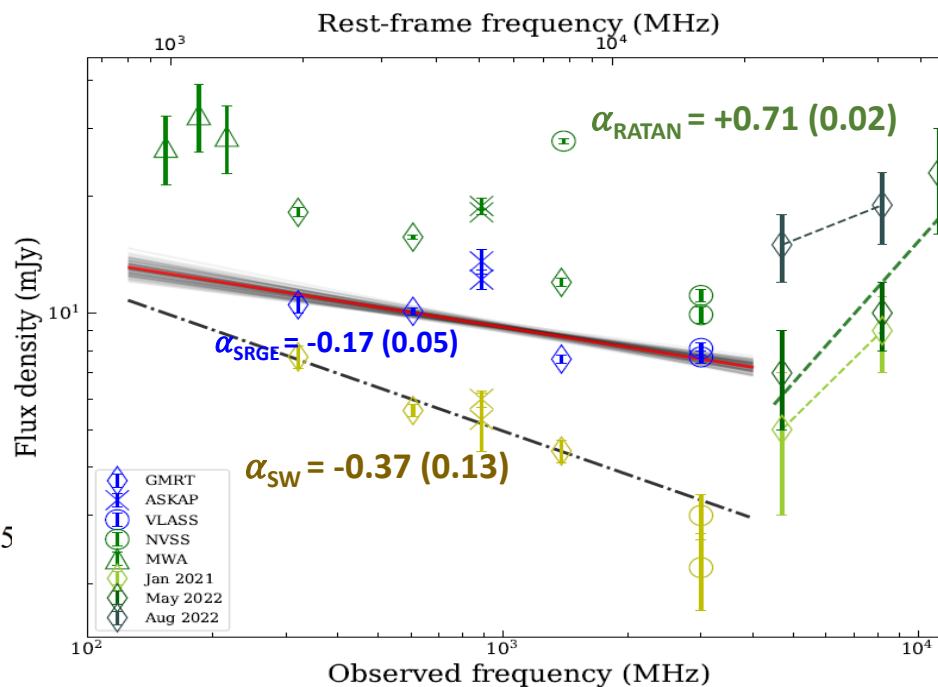
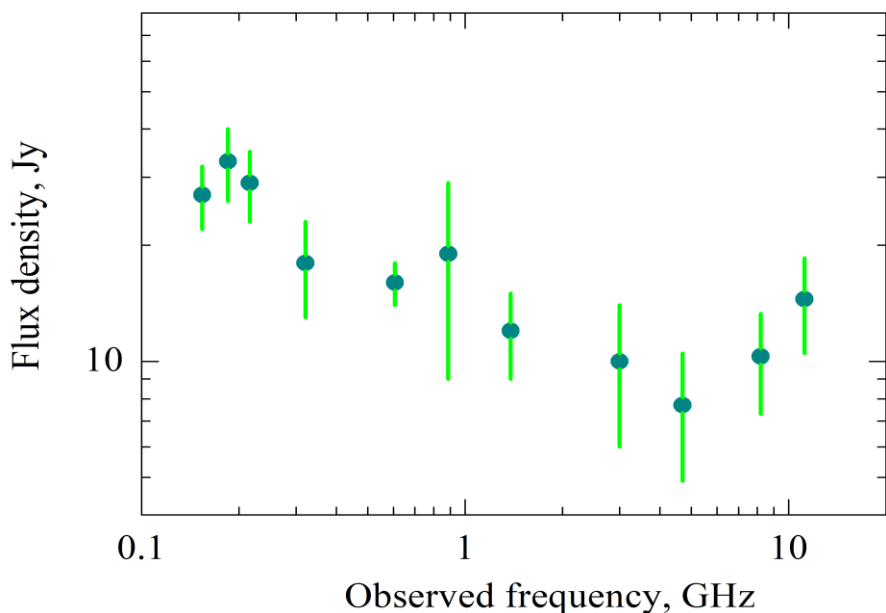
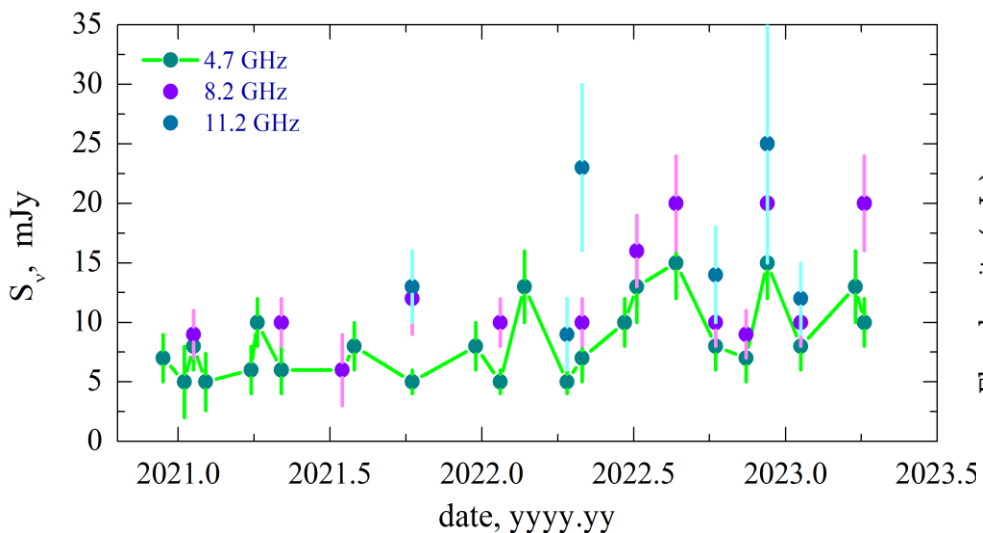


VLBA, 8.4 ГГц, 2017
[2022ApJ...937...19Z](https://doi.org/10.1086/7081)



SRGE J170245.3+130104 - САМЫЙ МОЩНЫЙ РЕНТГЕНОВСКИЙ КВАЗАР НА Z>5 (ИКИ РАН)

$F_{var} \sim 0.3-0.4; V=0.2$

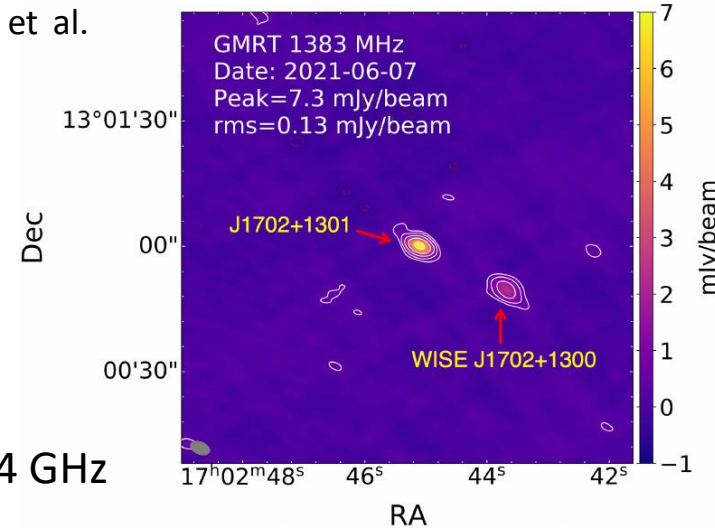


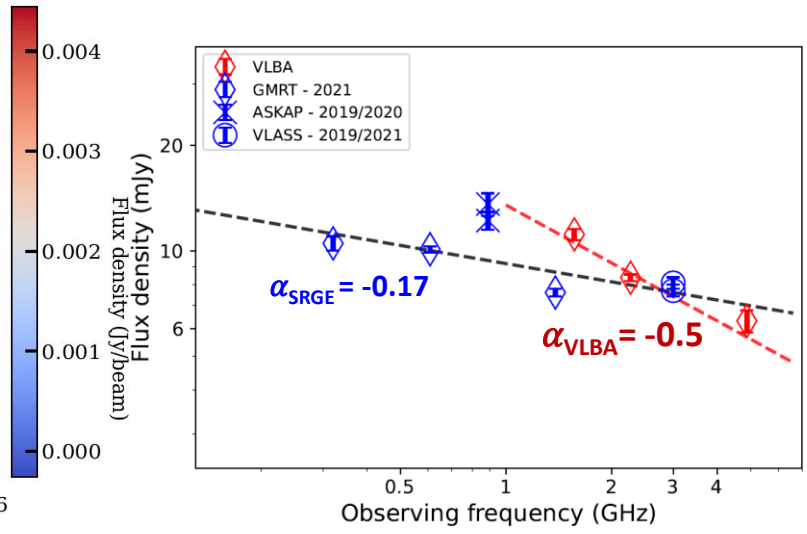
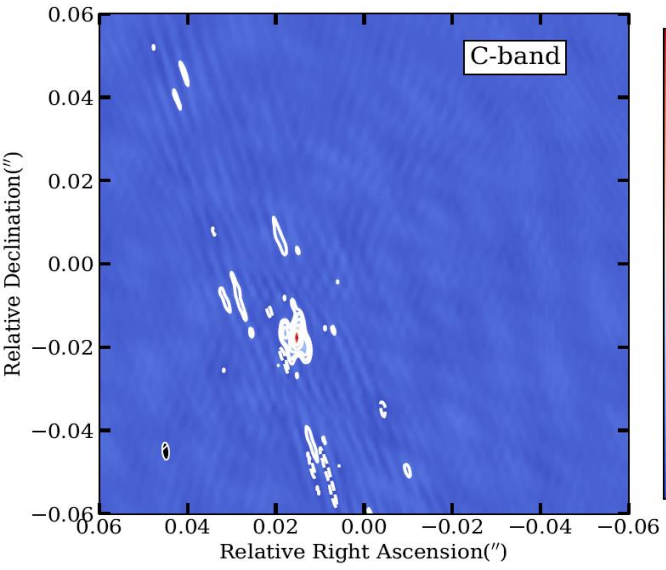
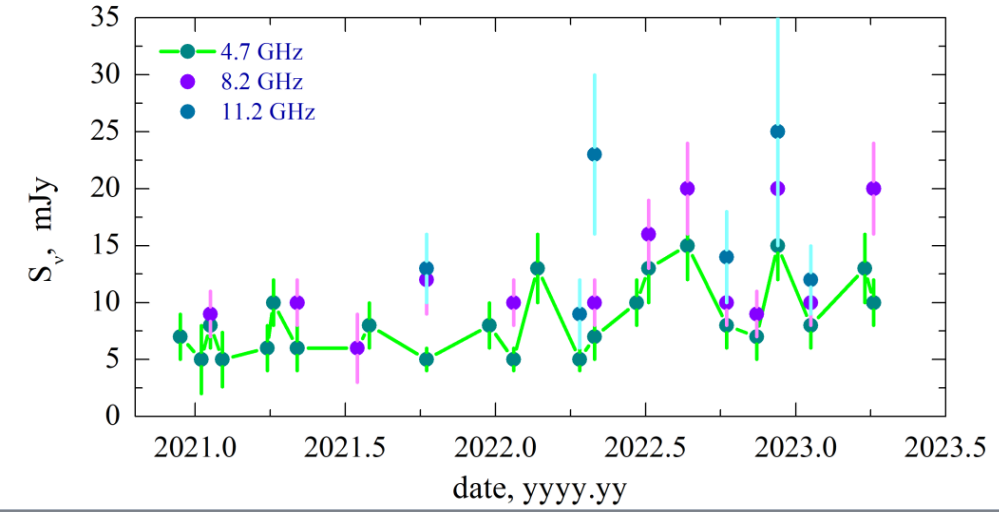
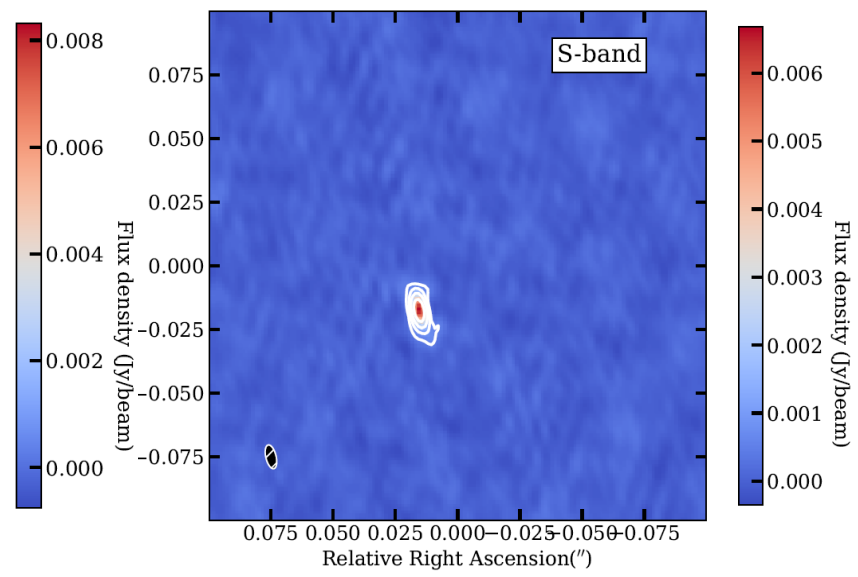
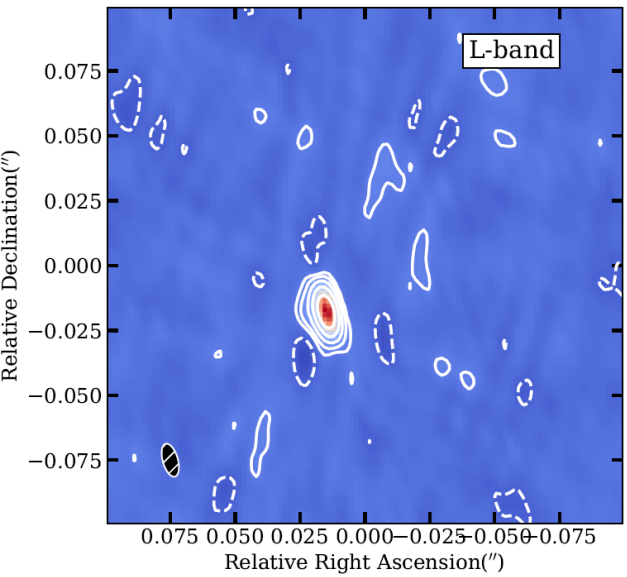
Радиоспектр J1702+13: MWA, GLEAM-X, GMRT, ASKAP RACS, VLA, NVSS and VLASS, and RATAN-600 (An et al. 2022, MNRAS).

$Z = 5.466 \pm 0.003$ (BTA, SCORPIO)
 $L_{x\text{-ray}} = 3.6 \times 10^{46}$ erg/s (2-10 keV)
 $R > 1100$ (new)
 $\alpha_{4.7-8.2} = +0.71$ (0.02), $S \sim \nu^\alpha$
 $S_{1.4} = 26 \pm 0.9$ mJy (Condon et al., 1998).

Obs-date (yyyy-mm-dd)	Telescope	ν (MHz)
(1)	(2)	(3)
2019-04-02	VLA	3000
2021-10-02	VLA	3000
2021-06-07	GMRT	1383
2019-04-24	ASKAP	888
2020-05-01	ASKAP	888
2021-05-30	GMRT	607
2021-05-28	GMRT	321
2018-03-13	MWA	216
2018-03-13	MWA	185
2018-03-13	MWA	154

uGMRT, 1.4 GHz



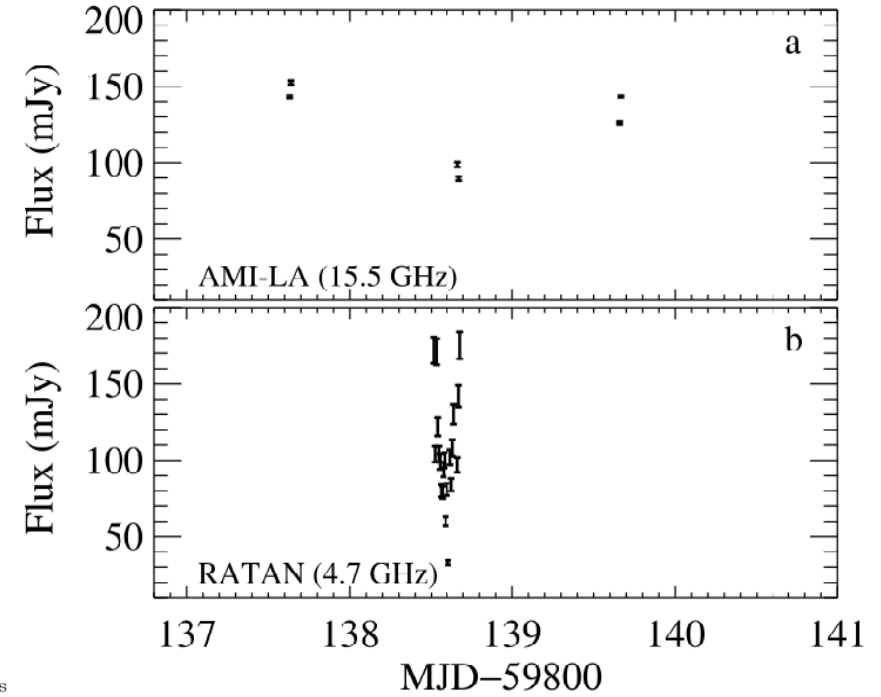
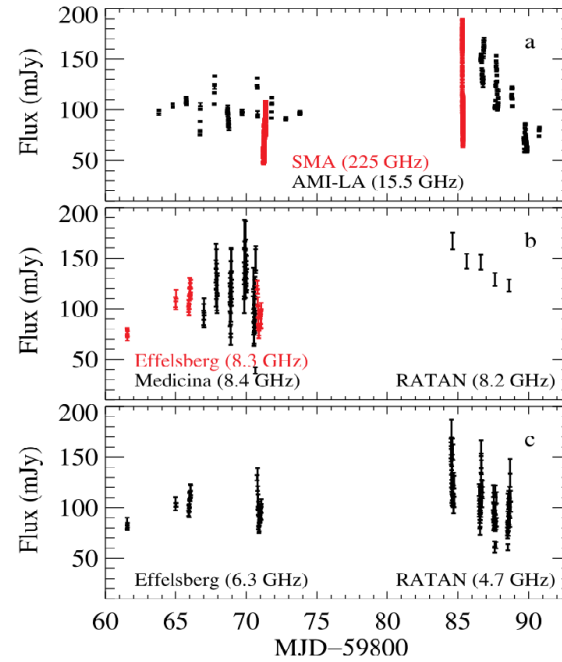
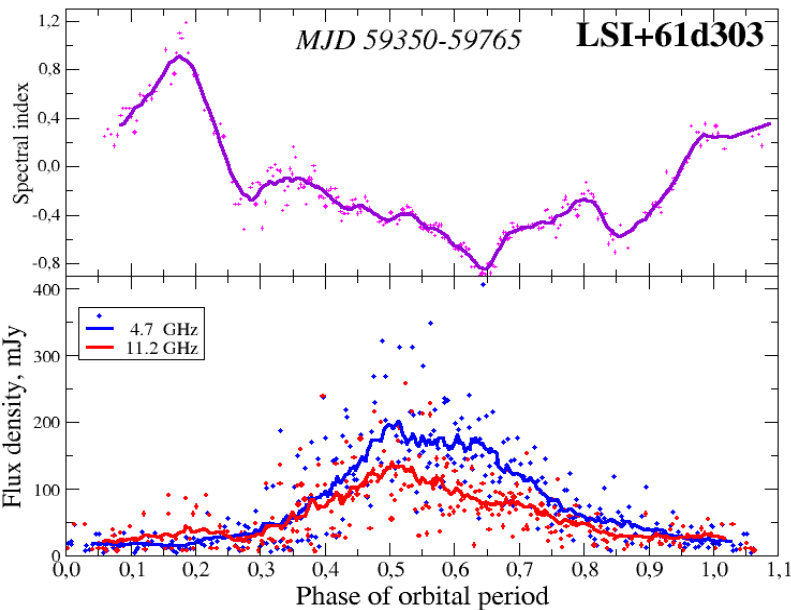
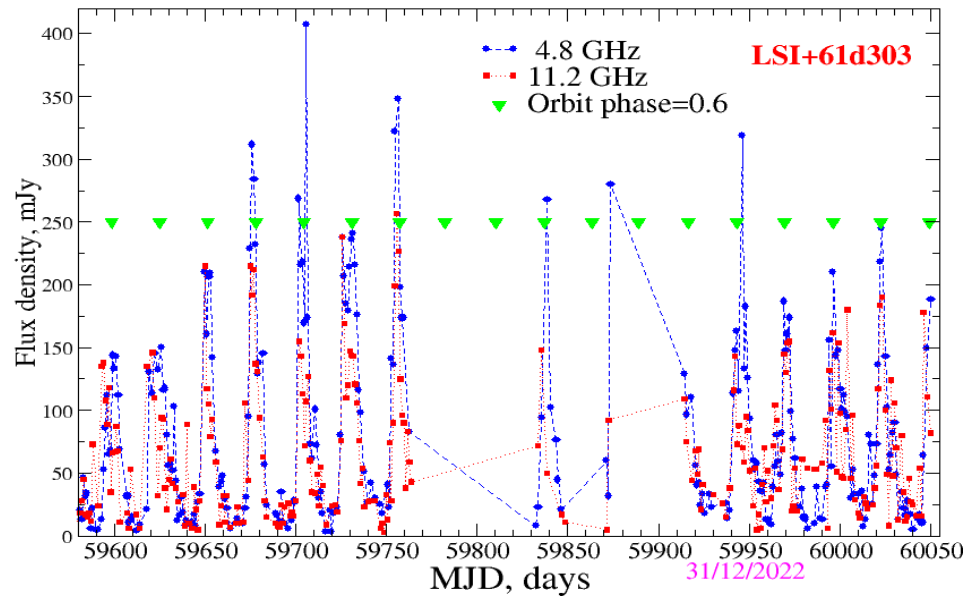


Новые измерения
ПАТАН 2022: с сентября спектр растущий, излучение детектируется на трех частотах (4.7, 8.2, 11.2 ГГц).
VLBA, Dec 2021
 Dec 6, 1.5 GHz, 11.4 mJy
 Dec 7, 2.3 GHz, 8.4 mJy
 Dec 21, 4.9 GHz, 6.4 mJy

EVN Proposal 2023; YEBES Proposal 2023

Is the X-ray bright $z = 5.5$ quasar SRGE J170245.3+130104 a blazar?

Tao An ^{1,2*}, Ailing Wang ^{1,2}, Yuanqi Liu, ¹ Yulia Sotnikova, ³ Yingchang Zhang ¹,
 J. N. H. S. Aditya ^{4,5}, Sumit Jaiswal, ¹ George Khorunzhev, ⁶ Baoqiang Lao, ^{1,7} Ruqiu Lin ^{1,2},
 Alexander Mikhailov, ³ Marat Mingaliev, ^{3,8,9} Timur Mufakharov ^{3,8} and Sergey Sazonov ⁶

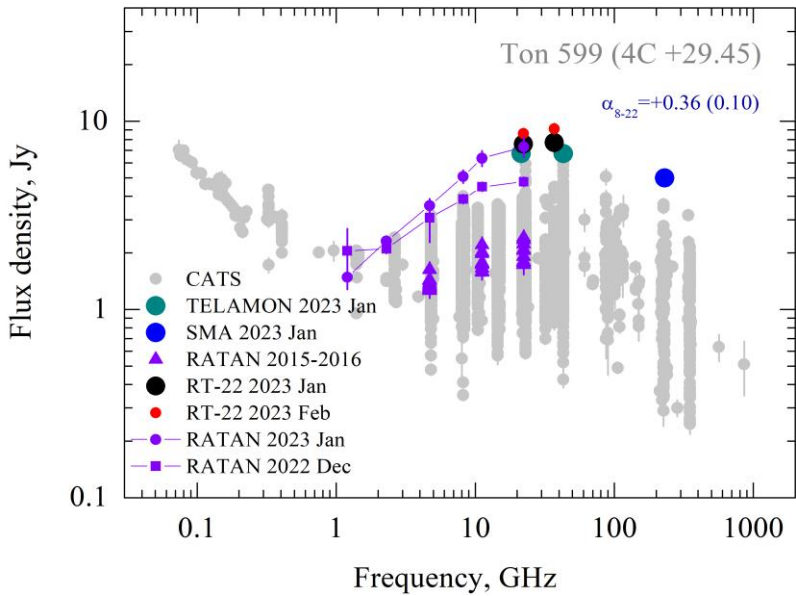


Radio and sub-mm light curves of Cyg X-3. The light curves

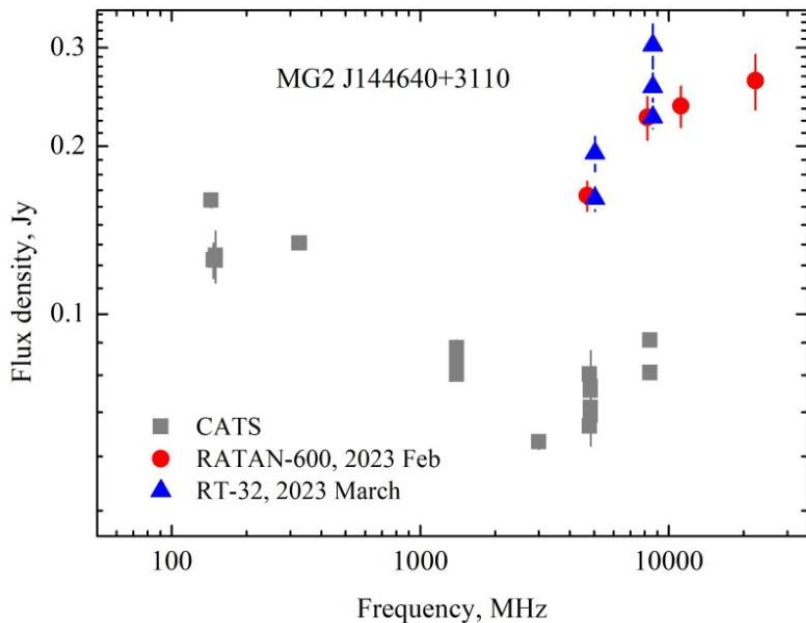
Table A4 Summary of radio and sub-millimeter observations. IXPE observations were performed on MJD 59866–59871, 59883–59889 and 59938–59942.

Telescope	Date MJD-59800	Frequency (GHz)	Average flux (mJy)	Variance (mJy)	PD %	PA (deg)
SMA	71	225	76	36	2.84 ± 1.14	-28 ± 11.5
AMI-LA	85	225	86	35	2.21 ± 0.44	-6.0 ± 5.8
	137–139	15.5	126	24		
Medicina	66–70	8.4	118	26		
Effelsberg	61–70	8.3	99	16		
Effelsberg	61–70	6.3	99	12		
RATAN	84–88	8.2	142	15		
		4.7	106	24		
	138	4.7	107	36		
uGMRT	85–86	1.2	81	14		

Работа при участии 130 ученых из 20 стран подана в апреле 2023 г. в **Nature Astronomy**:
<https://arxiv.org/abs/2303.01174>: Astronomical puzzle Cyg X-3 is a hidden Galactic ultraluminous X-ray source.

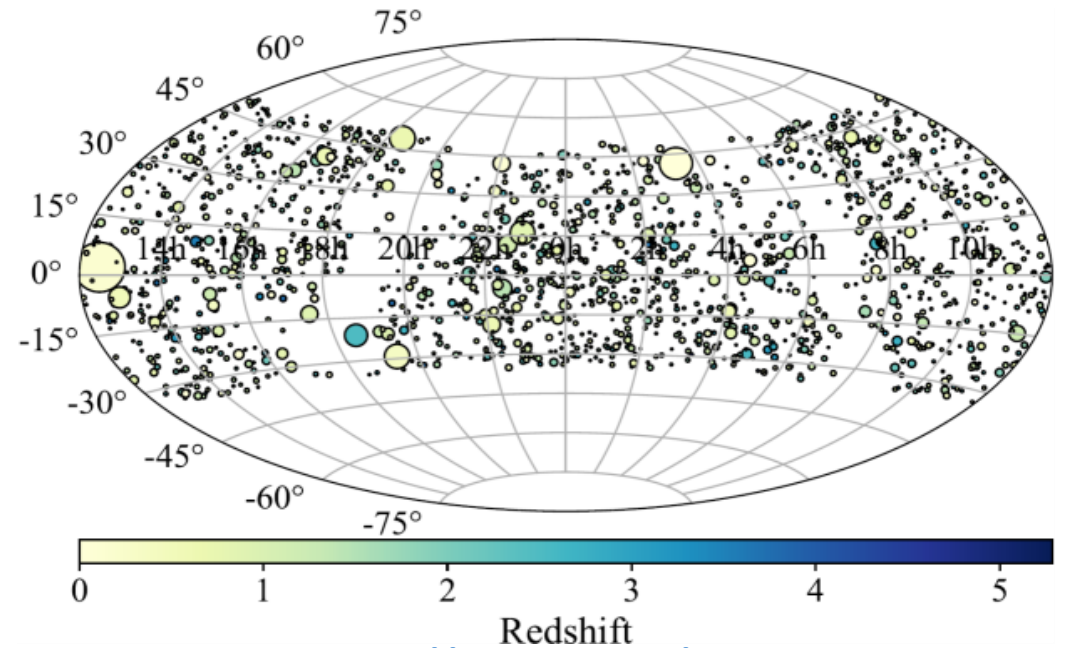


ATel #15894: 1-37 GHz quasi-simultaneous spectrum of the blazar Ton 599 during its greatest radio flare



ATel #15948: Simultaneous radio spectrum of MG2 J144640+3110 after its gamma-ray activity

RATAN-600 multi-frequency catalogue of BL Lac objects



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

Блазары (1800) каталога Roma-BZCAT:

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

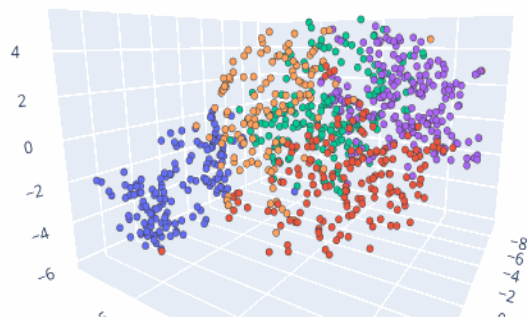
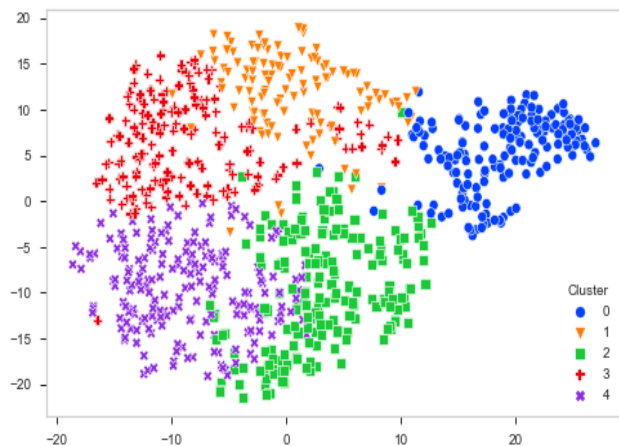
ПУБЛИКАЦИИ

2022AstBu..77..361S (1); 2014A&A...572A..59M (22)
 arXiv:2210.02547, 2022; 2020MNRAS.492.3829L (32)
 2020JHEAp..26...45T (5); 2019MNRAS.490.5300D (13)

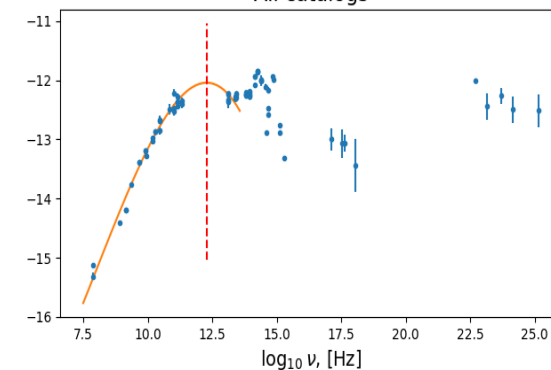
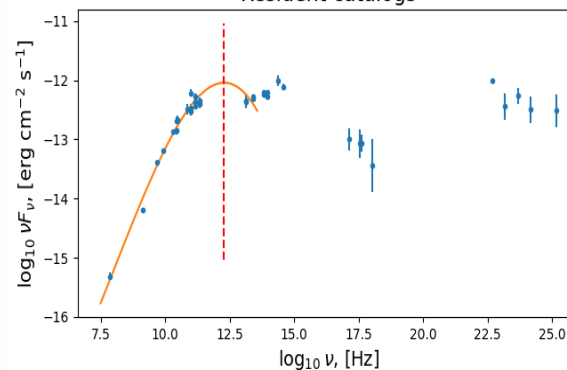
Заявка на патент №2022132141 от 08.12.22.

Свидетельство №2021621910 от 2021; №2021664046 от 2021;

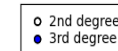
№2020622676 от 16.12.2020



Source: 5BZBJ0004-1148; object No. 9; nu_max = 12.284; correctness: True
Resident catalogs



Right frequency bound

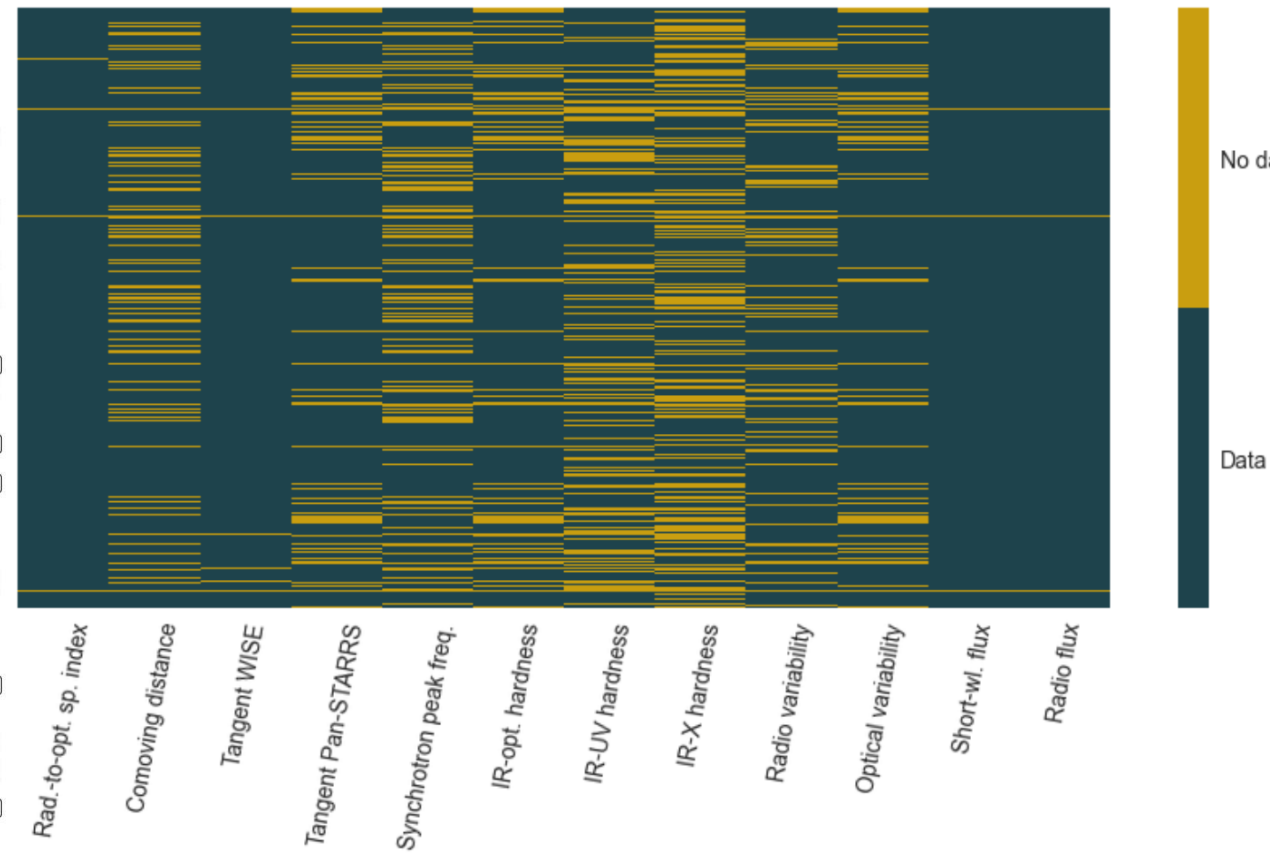
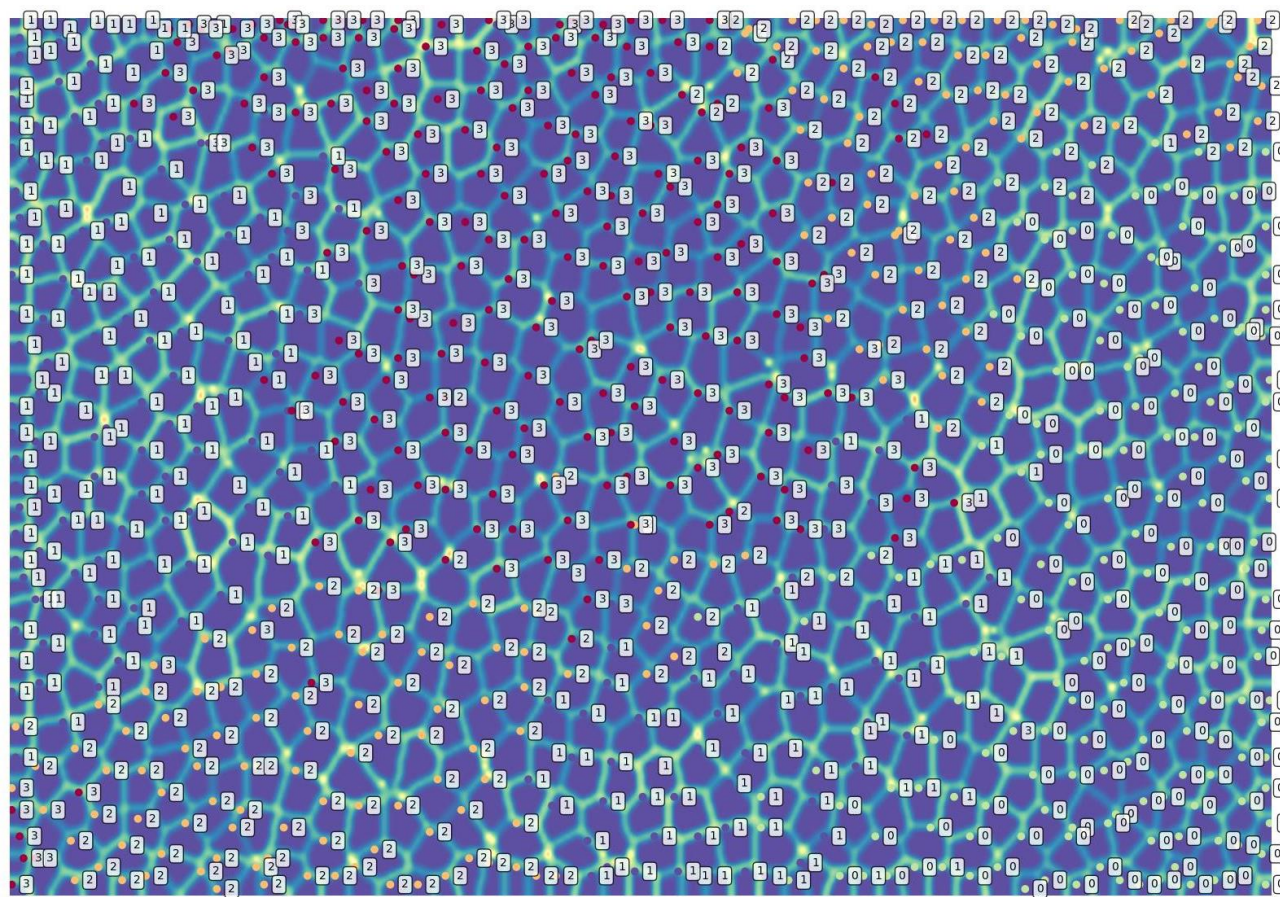


2D и 3D-визуализации кластеров, полученных в многомерном пространстве признаков: однородное «облако» объектов с некоторым выделением кластера 0 (синий) — BL Lacs и galaxy-dominated BL Lacs

На основе данных многоволновых наблюдений (радио, ИК, оптические, рентгеновские потоки и их отношения, радио и оптическая переменности, форма SED и частота пика синхротронной компоненты) методами машинного обучения проведена кластеризация блазаров каталога Roma VZCAT с целью выделения групп относительно схожих объектов и их последующего анализа. В качестве пространства признаков для проведения кластеризации взято максимально доступное количество наблюдаемых характеристик. Выделены пять групп объектов с отличающимися распределениями признаков, есть частичное соответствие с классификацией VZCAT. Результат воспроизводится с помощью различных алгоритмов кластеризации (k-means, Self Organizing Maps).

	Cluster	BL Lac	BL Lac cand.	Galaxy dominated	FSRQ	Uncertain type
Mixed types	0	590	56	232	19	30
	1	126	4	15	191	48
	2	129	14	10	373	44
	3	183	15	16	427	73
	4	31	3	1	899	32
FSRQs	All	1059	92	274	1909	227

Сравнение с типами VZCAT, кластеры 0 и 4 соответствуют BL Lacs и FSRQs соответственно, в других кластерах — смесь типов. Внутренняя точность отнесения объекта к кластеру ~90%



Пример карты расстояний между нейронами (u-matrix) для исследуемой выборки, с метками кластеров, полученными методом 1.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНУ В 2022

Штатная численность сотрудников, обслуживающих РАТАН-600	137 (42 – н.р.)
Количество публикаций, подготовленных с использованием РАТАН-600	38
Количество РИД, полученных в ходе работ, проведенных с использованием РАТАН-600	1
Количество защищенных кандидатских диссертаций, подготовленных с использованием РАТАН-600	2
Внебюджетные программы финансирования (гранты, договоры)	5
НИР, выполненные с использованием РАТАН-600	4



610

Collective use centers



360

Unique scientific facilities



7

Megascience class facilities

Научно-технологическая инфраструктура
Российской Федерации

Центры коллективного пользования научным оборудованием и уникальные научные установки

ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОСТИЖЕНИЯ:

- Внедрение модульных радиометров диапазонов 22, 14 и 8 ГГц. Новый радиометр в составе ССПК-2016 (1-3 ГГц).
- Модернизация АСУ вторичного зеркала №3.
- Развитие методов 3D сканирования антенны телескопа в безотражательном режиме.
- Развитие приборной базы РАТАН-600 (2019-2023).
- Программа капитального ремонта телескопа.

НАУЧНЫЕ:

- Новые совместные программы: high-z AGN, FR0, ОНМ, кандидаты во внегалактические источники нейтрино СЭ.

ПОДДЕРЖКА И РАЗВИТИЕ БД И ЭЛЕКТРОННЫХ КАТАЛОГОВ РАТАН-600:

- Многочастотный каталог блазаров - BLcat www.sao.ru/blcat.
- Радиоастрономический центр прогноза солнечной активности <https://www.sao.ru/Doc-en/sunimg.html>
- Каталог горячих струй на Солнце <http://spbf.sao.ru/coronal-jets-catalog>.

МИНУСЫ РАБОТЫ 2022:

- Неблагоприятная помеховая обстановка почти во всем диапазоне.
- Выделение значительного антенного времени на капитальный ремонт (2-3 месяца).
- Капитальный ремонт кабельных сетей Северного сектора.
- Субсидия на капитальный ремонт 2023 г. - ?.