



1.3.8 208 3.9 7.6
ВНИМАНИЕ! Включены СВ

РАТАН-600
Отчет 2020-I о научной и технической работе
Сотникова Ю.В.



Наблюдательные программы

2020-I

Внегалактические: 9

Галактические: 1

Солнце: 8

Обзоры: 1

Аппаратурно-методические: 1

Наблюдательные программы

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020-I
29	24	26	36	29	29	20

Организации-пользователи

2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020-I
14	11	13	18	20	20	20



год	Макс. возм. вр. р., 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%



Наблюдательные программы

Внегалактические:

1. Исследование ядер активных галактик на РАТАН-600 и РСДБ (АКЦ ФИАН).
2. Narrow-Line Seyfert 1 Galaxies (Metsahovi Radio Observatory).
3. Исследование долговременной переменности внегалактических источников в области склонений 11-18 гр. (ГАИШ МГУ).
4. Радиосвойства блазаров на длительных временных масштабах (ShAO).
5. Исследование радиогалактик FR0 (CAO).
6. Исследование радиосвойств далеких квазаров (CAO РАН).
7. Радиосвойства гидроксильных мегамазеров ОНМ (Университет Гуйчжоу).
8. Alert observations of the neutrino-associated blazar TXS 0506+056 (TOO, АКЦ ФИАН).
9. RATAN 2-22 GHz continuum observations of the neutrino-associated quasar TXS 1100+122 (TOO, АКЦ ФИАН).

Галактические:

1. Мониторинг радиоперемежности микрокварзов - галактических рентгеновских двойных звезд со струйными выбросами (CAO).
2. Поиск быстрых радиовсплесков* (CAO).

Солнце:

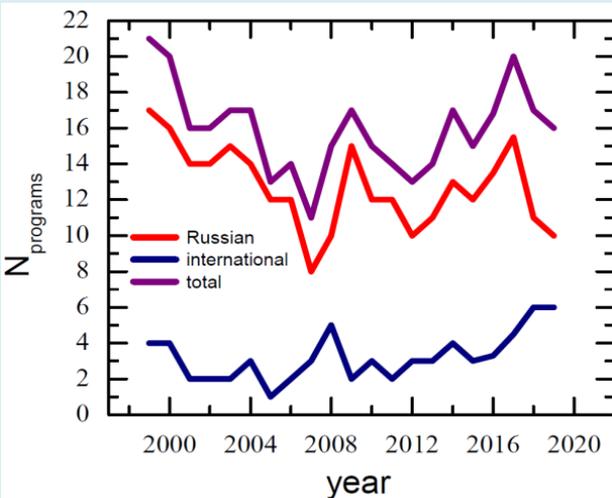
1. Исследование магнитосферы активной области в широком диапазоне радиоволн (CAO РАН);
2. Исследование сверхслабой солнечной активности на микроволнах (ИСЗФ СО РАН);
3. Совместные исследования солнечных флоккул в линии CaIIK и в микроволновом диапазоне на ГАС ГАО и РАТАН-600 (ГАС ГАО РАН);
4. Развитие методов определения физических условий во вспышечно-активных областях на Солнце (СПбГУ);
5. Структура и эволюция активных областей Солнца (University of Ioannina);
6. Корреляционный анализ между предвспышечным сигналом CaII K и радиовспышками (CAO);
7. Совместные исследования хромосферы и переходной области солнечных пятен на интерферометре ALMA и РАТАН-600 (CAO, NJIT);
8. Наблюдения микровспышек на Солнце (CAO, Уорикский Университет).

Аппаратурно-методические:

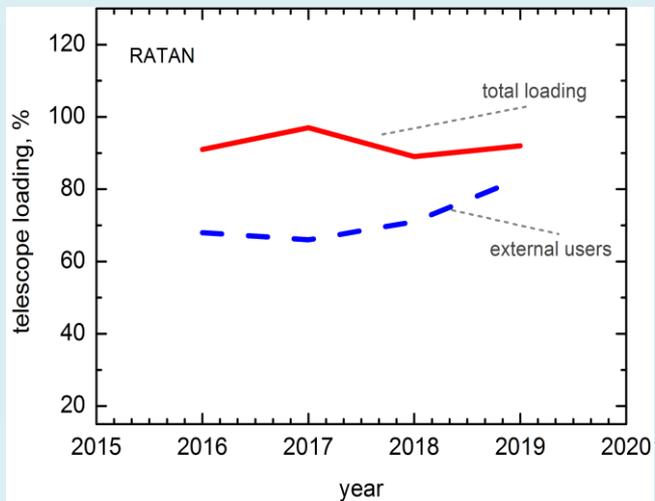
1. Испытания антенной системы Ю+П в режиме сопровождения (CAO РАН).



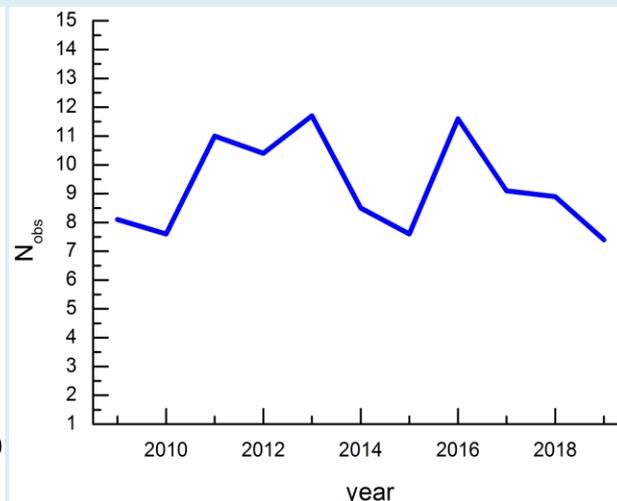
ЗАГРУЗКА ТЕЛЕСКОПА



Количество отечественных и международных наблюдательных программ, шт.



Загрузка телескопа по годам, %

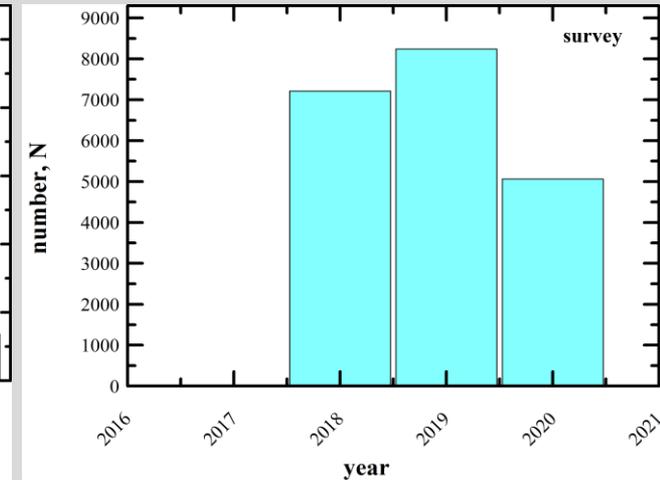
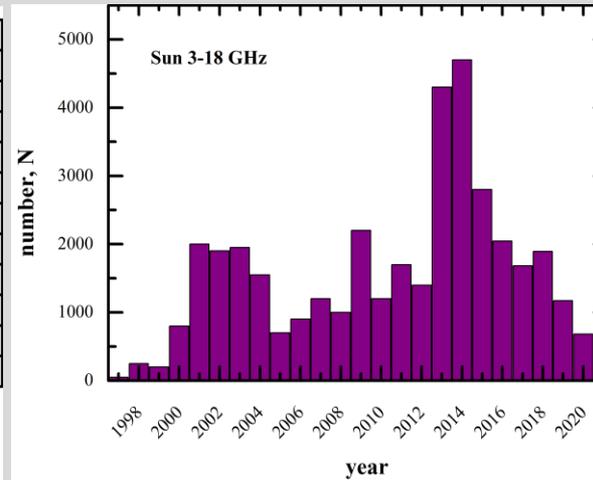
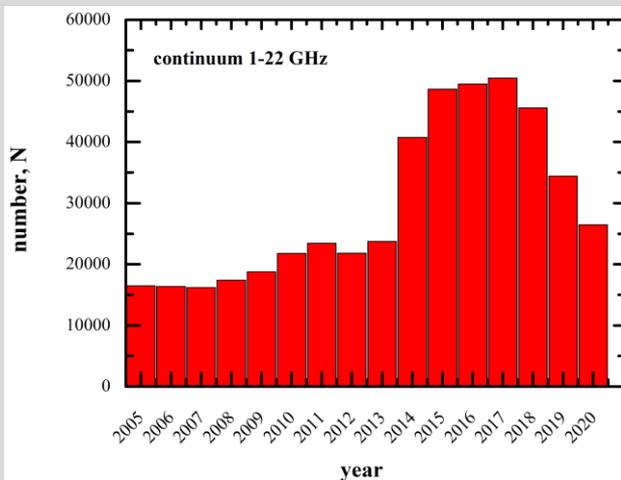


Потери наблюдательного времени, %



Статистика 2020-I

	Континуум 1-22 ГГц (Обл. №1, 2)	ССПК 3-18 ГГц (Обл. №3)	Многолучевой 4.7 ГГц (Обл. №5)
План	26475	681	5065
Потери	2169 (8.2 %)	64 (9.4 %)	357 (7.1 %)
Погода	1862 (6.9 %)	268 (3.8 %)	288 (5.7 %)
Аппаратура	7 (0.03 %)	7 (1.0 %)	0 (0 %)
Антенна	65 (0.25%)	0 (0%)	0 (0%)
Прочее	2715 (1.02%)	31 (4.6 %)	69 (1.4%)





Методы 2020

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
task	the Sun

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 μ s) на многолучевом спектральном комплексе (вторичное зеркало №5).

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



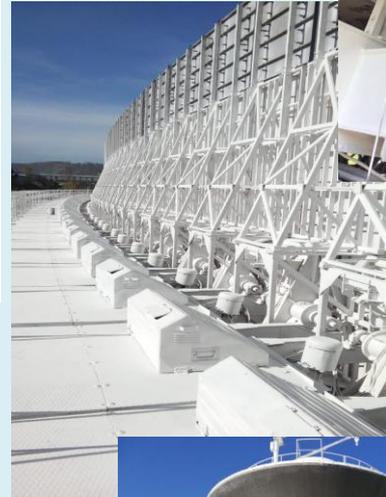
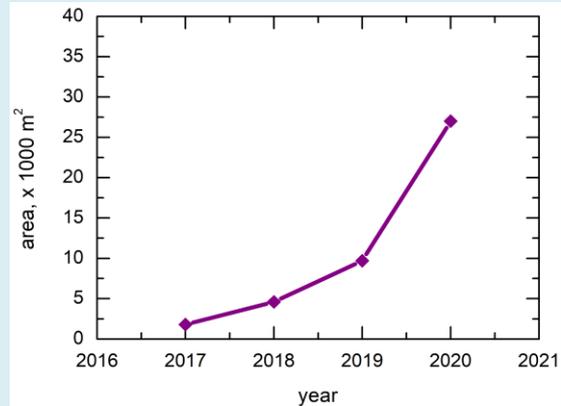
Металлоконструкции элементов ГЗ

Антикоррозийная защита:

Общая площадь поверхности металлоконструкций телескопа - $\sim 110\,000\text{ м}^2$

Обработка поверхности: 2020 – $27\,000\text{ м}^2$; 2019 г. - $\sim 9\,700\text{ м}^2$; 2018 г. - $\sim 4\,600\text{ м}^2$; 2017 г. - $\sim 1\,800\text{ м}^2$;

Итого: $\sim 43\,000\text{ м}^2$.



ULEPHONE
SHOT ON ARMOR X5

ULEPHONE
SHOT ON ARMOR X5



Измерения геодезической сети, юстировка 2020

Внедрен в штатный режим высокоточный метод оперативной юстировки больших антенных поверхностей на примере геодезической юстировки Южного сектора и Плоского отражателя РТАН-600. Преимуществом метода являются высокая точность (0.5 угл. сек, 0.2-0.35 мм в центре и на краях сектора, соответственно), скорость (2-3 часа).



Абсолютный лазерный трекер Leika AT402, измерения до 160 м.



Тахеометр Leika TDRA6000 лазерная станция, измерения до 600 м.



Сканирующий лазерный трекер Leika ATS6000, безотражательный режим

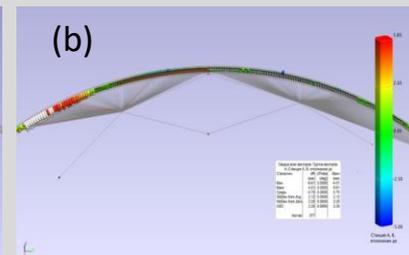
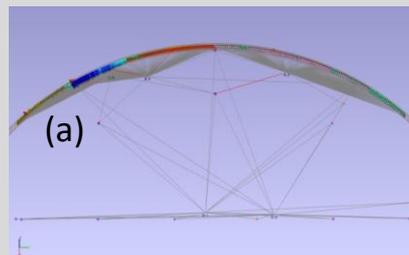
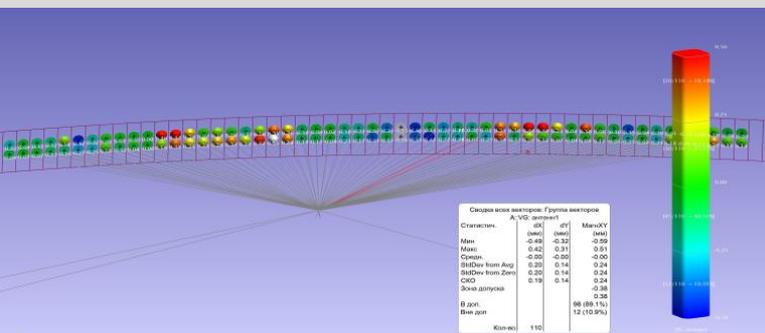
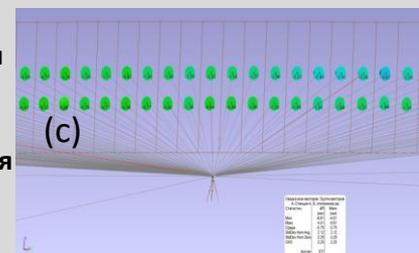
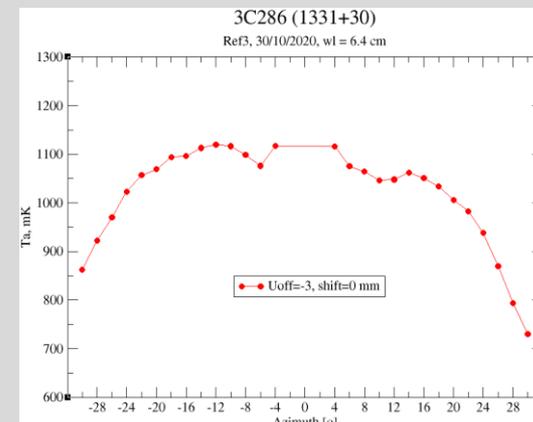
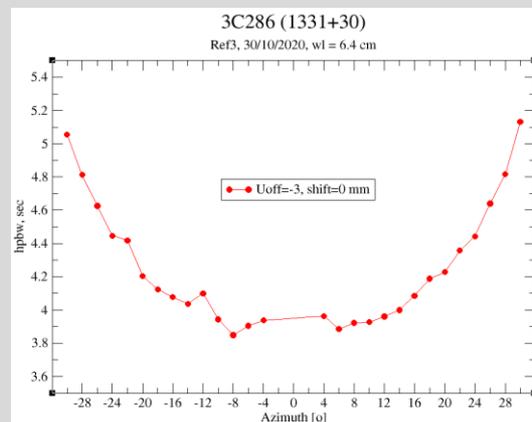


Рис. (а-б) карта поверхности Южного сектора при проведении измерений; (с) - схема производимых новым методом измерений; (д) - схема измерения геодезической сети.



Статистика:	dx (mm)	dy (mm)	MeanY (mm)
Век:	-0.46	-0.32	-0.59
Мин:	-0.42	0.31	-0.61
Средн:	-0.00	-0.00	-0.00
StdDev from Avg:	0.20	0.14	0.24
StdDev from Zero:	0.20	0.14	0.24
СКО:	0.19	0.14	0.24
Зона допуск:			0.38
В доп.:			86 (88.1%)
Вне доп.:			12 (10.9%)
Кол-во:	1101		



Измерения Южного сектора (представительные площадки) элементы 38-90 (СКО=0.24 мм).

Измерения 3С 286 в азимутах: полуширина (слева) и антенные температуры (справа).



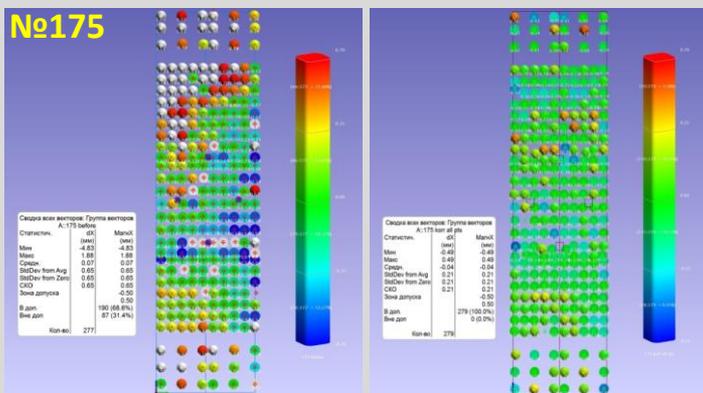
Корректировка поверхности элементов: долговременность результата

СКО поверхности:

Южный сектор - в пределах от ± 0.48 мм до ± 0.95 мм;

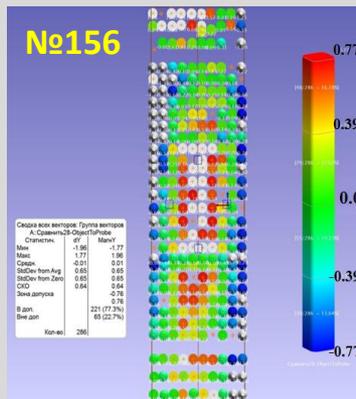
Северный сектор – от ± 0.47 мм до ± 0.58 мм;

В зависимости от методики необходима корректировка от 12% до 27% регулировочных точек на элементах Северного сектора и от 36% до 59% на Южном секторе.



до: СКО = 0.65 мм

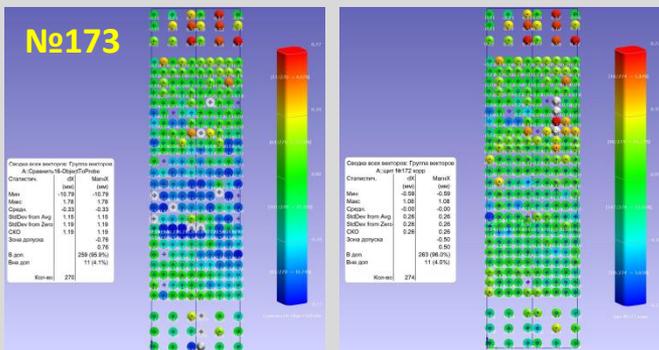
2019 г.: СКО = 0.21 мм



до 2017: СКО = 0.64 мм

2017: СКО = 0.16 мм

2020 г.: СКО = 0.16 мм

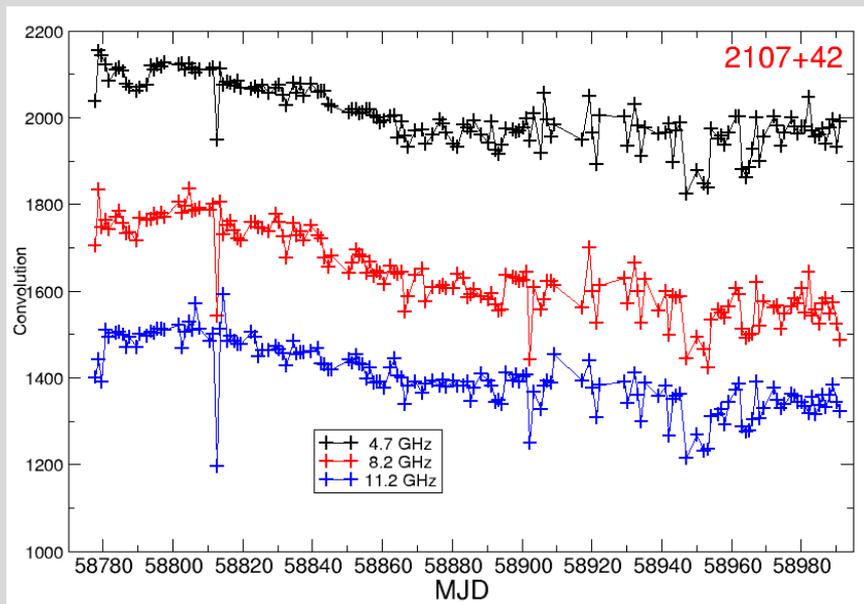


до 2020: СКО до - 1.19 после 0.26 мм

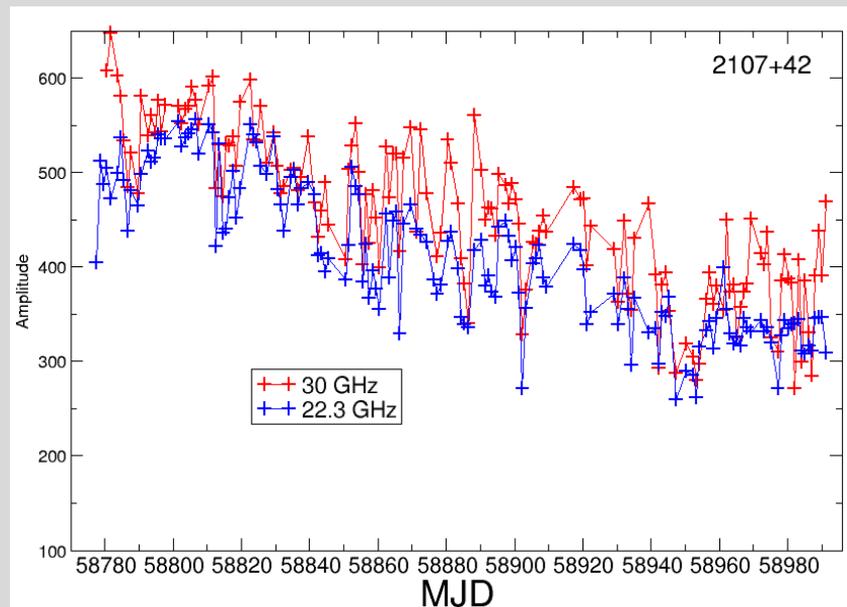
Измерения 70 элементов, без массовой корректировки.



Деградация $A_{\text{эфф}}$



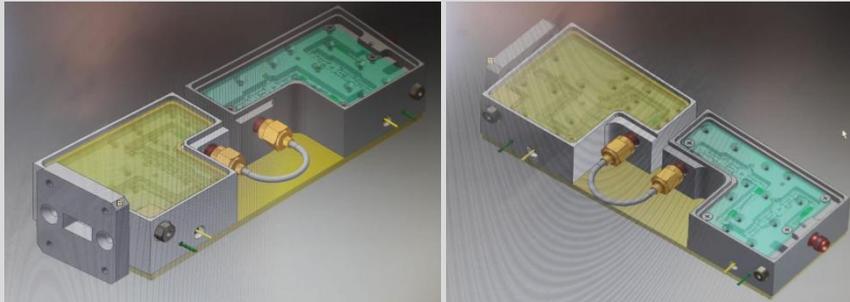
Частоты 5-11 ГГц: падение $A_{\text{эфф}}$ на 10-20%.



Частоты 22, 30 ГГц: падение $A_{\text{эфф}}$ 1.3-1.5 раз.



Радиометры: 14.4 и 22 ГГц



3D сборочный чертеж на модуль 22 ГГц



Модуль 4.7 ГГц

параметр	Значение 22 ГГц	Значение 14 ГГц
Полоса частот	21.0-23.5 ГГц	13.4-15.4 ГГц
Коэффициент шума	Не более 1.2 дБ (290 К), 100 К	Не более 1 дБ при физической температуре 290 К.
1/f шум	Отсутствие на масштабах времени 10 секунд (СВЧ часть радиометра, детектор, усилитель низкой частоты, система регистрации)	10 секунд
Полосно-пропускающий фильтр	Затухание не хуже 50 дБ при отстройке от центральной частоты на ширину полосы	Затухание не хуже 40 дБ при отстройке от центральной частоты на ширину полосы.
Входной тракт	Волноводный (11x5,5) с направленным ответвителем калибровочного сигнала -25 дБ	Коаксиальный, SMA или 3,5 мм.

- Внедрение модульных радиометров диапазона 22 и 14 ГГц.
- Разработка и согласование с производителем (НПФ «Микран») технического задания.
- Разработка и изготавливаются элементов волноводных трактов (первичные облучатели с переходами на прямоугольное сечение, направленные ответвители и др.) .
- Мониторинг электромагнитных помех, работа с сотовыми операторами.



Обновление ПБ радиотелескопа 2019-2020 гг.

В рамках федерального проекта "Развитие передовой инфраструктуры для проведения исследований и разработок в Российской Федерации" национального проекта "Наука».

№	Условия	Критерии
Количественные показатели		
1	Процент обновления ПБ	не более 50%
2	Уровень загрузки НО	не менее 80%
3	Доля внешних пользователей НО	не менее 20%
4	Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых	не менее 15%
Требования предоставления гранта		
1	Приобретение оборудования/научно-лабораторных приборов	
2	Стоимость единицы оборудования	не менее 1000 тыс. руб.
3	Ввод в эксплуатацию	в течение года

Ограничения допуска отдельных видов промышл. товаров, происходящих из иностранных государств – ПП РФ № 2020.

Запрет на допуск промышленных товаров, происходящих из иностранных государств – ПП РФ №616 2020 г.



Обновление ПБ 2019-2020

№	Наименование оборудования		
	2019	2020	2021
1.	Электроприводное оборудование ПАТАН-600 (31/130)	Электроприводное оборудование ПАТАН-600 (95/130)	Электроприводное оборудование ПАТАН-600
2.	Радиометр континуума см-диапазона (22 ГГц)	Антенна-облучатель на частотный диапазон 1-3 и 3-7 ГГц	Радиометры континуума дм-диапазона (1-2 ГГц)
3.	Приемно-измерительный комплекс для наблюдений радиоизлучения Солнца	Сетевое и инфо-коммуникационное оборудование	
4.	Сетевое и инфо-коммуникационное оборудование		



Замена электроприводного оборудования и АСУ Плоского отражателя РАТАН-600

№	параметр	новый	старый
1.	КПД, %	98	<92
2.	Число оборотов	16	8
3.	Скорость (доля)	0.007-4	
4.	Люфт	не более 0.25 угл. град.	1.5 угл. град.
5.	Мощность, кВт	0.55	0.55
6.	Потребляемый ток, А	1.5 (0.5 с преобразователем частоты)	1.7
7.	Периодичность обслуживания, ч	20 000	200
8.	Тип	Одноступенчатый цилиндрический с коническим переходом на выходном валу	Трехступенчатый: двойной планетарный и отдельно конический
9.	Возможности	Реализации многоскоростного режима и скоростей, близких к нулевым.	



SEW
EURODRIVE



Сотрудники

Научные (34): обеспечение фундаментальных и прикладных исследований, формирование научного направления деятельности, подготовка кадров.



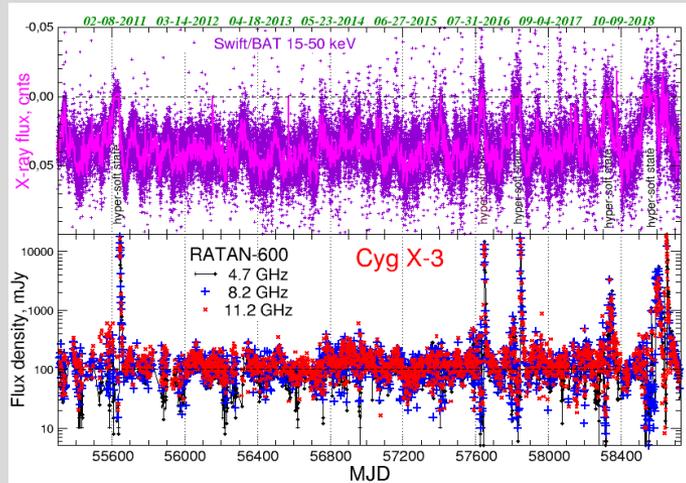
Инженерно-технические (42): методы, поддержка и развитие научного оборудования, метрологическое обеспечение, информационное и сетевое обеспечение.

Вспомогательные (30): обеспечение взаимодействия научных и технических подразделений, обслуживание объектов инфраструктуры.

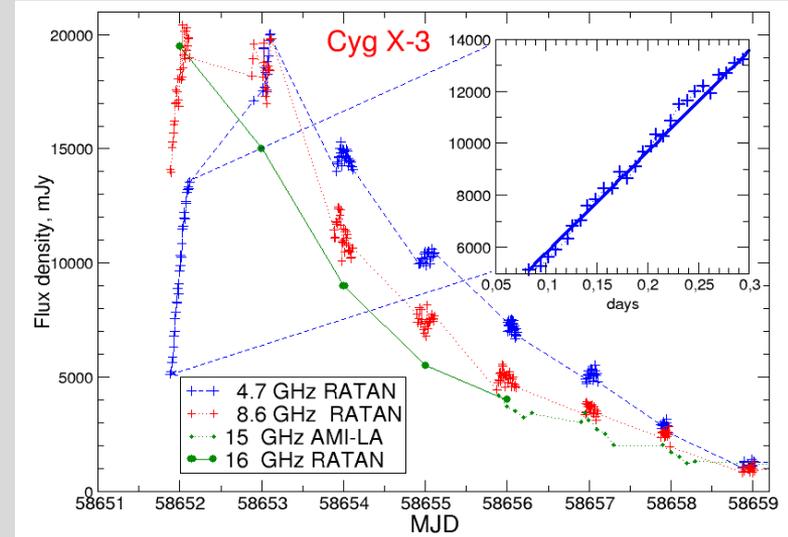
СЭК РАТАН-600 (45): текущая, плановая и аварийная поддержка систем радиотелескопа.



Cyg X-3, microquasars



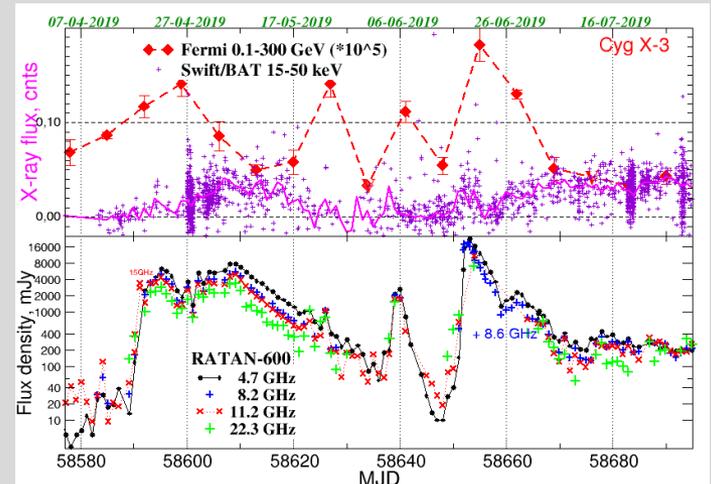
Вспышка Cyg X-3 наблюдалась на РАТАН-600, SMA, AMI-LA, SRT, AGILE, NICER, Swift и Fermi.



Впервые на РАТАН-600 зарегистрирована переменность микроквара на временах от 10 минут до 5 часов (Трушкин С.А., Бурсов Н.Н., Шевченко А.В., Цыбулев П.Г., Нижельский Н.А, Кудряшева А.А., Борисов А.Н., Богод В.М., Стороженко А.А.)

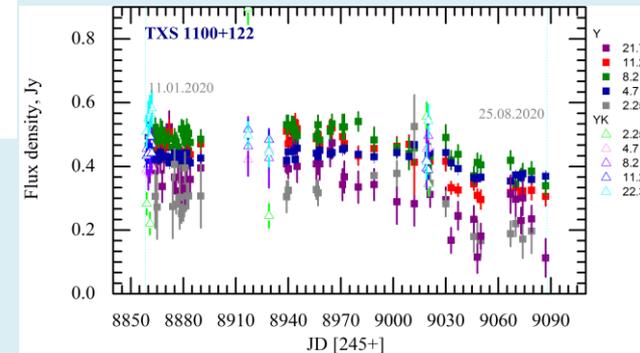
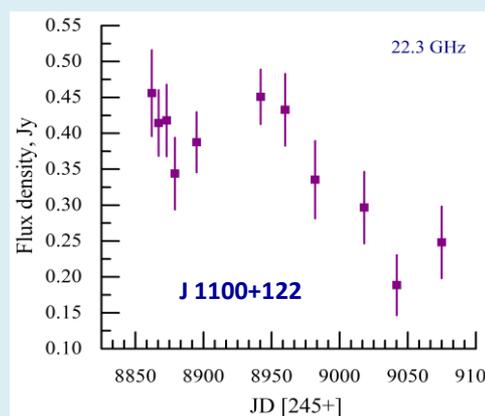
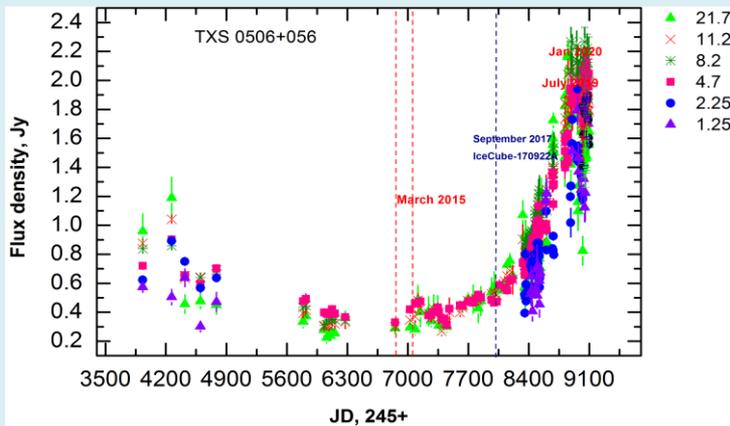
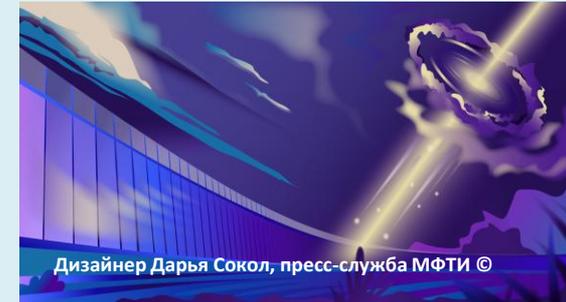
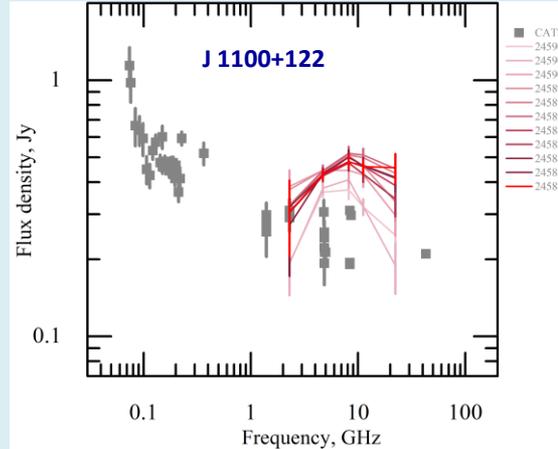
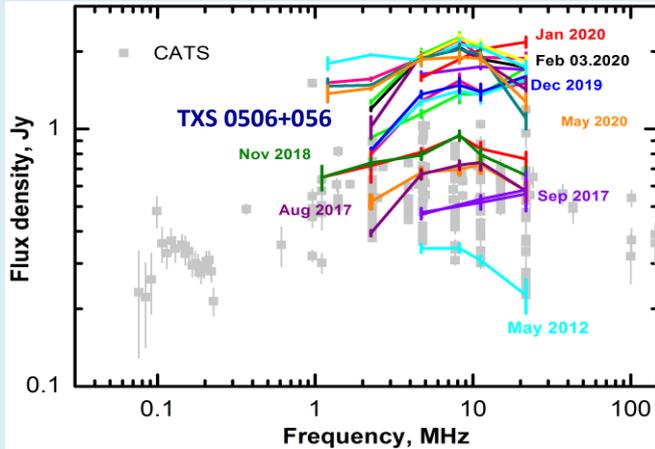
[eprint arXiv:2010.15002](https://arxiv.org/abs/2010.15002), Investigating the mini and giant radio flare episodes of Cygnus X-3; ApJ ; [2020ATel13835....1T](https://arxiv.org/abs/2020ATel13835....1T), New giant radio flare from Cyg X-3, correlated with X-rays and gamma-ray flares;

- [2020ATel13461....1T](https://arxiv.org/abs/2020ATel13461....1T), Beginning of the new giant flare from Cygnus X-3;
- [2020ATel13442....1T](https://arxiv.org/abs/2020ATel13442....1T), Most bright radio flare of GRS 1915+105 for last decade;
- [2019ApJ...874...51K](https://arxiv.org/abs/2019ApJ...874...51K), Photoionization Emission Models for the Cyg X-3 X-Ray Spectrum ;
- [2019ATel12855....1T](https://arxiv.org/abs/2019ATel12855....1T), RATAN-600 multi-frequency measurements of GRS1915+105
- [2019ATel12739....1T](https://arxiv.org/abs/2019ATel12739....1T), The brightest radio state of PKS 1830-21
- [2019ATel12701....1T](https://arxiv.org/abs/2019ATel12701....1T), Evolution of multi-frequency emission from Cyg X-3 in the current giant flare
- [2019HEAD...1711114M](https://arxiv.org/abs/2019HEAD...1711114M), NICER Observations of Cyg X-3 During a Period of γ -Ray Activity
- [2019ApJ...874...51K](https://arxiv.org/abs/2019ApJ...874...51K), Photoionization Emission Models for the Cyg X-3 X-Ray Spectrum
- [2019ATel12510....1T](https://arxiv.org/abs/2019ATel12510....1T), Cygnus X-3 entered in the quenched radio and hard X-ray state
- [2019AAS...23344803M](https://arxiv.org/abs/2019AAS...23344803M), NICER Observations of Cygnus X-3 During a Flaring State
- [2018ATel11989....1T](https://arxiv.org/abs/2018ATel11989....1T), A giant radio flare from SS433 again
- [2018ATel11870....1G](https://arxiv.org/abs/2018ATel11870....1G), One more powerful outburst of SS 433
- [2018ATel11805....1T](https://arxiv.org/abs/2018ATel11805....1T), Increase of the radio fluxes of Cygnus X-3 after
- [2018MNRAS.475.5360B](https://arxiv.org/abs/2018MNRAS.475.5360B), LOFAR 150-MHz observations of SS 433 and W 50
- [2018ATel11539....1T](https://arxiv.org/abs/2018ATel11539....1T), The 30-day monitoring of MAXI J1820+070 at 4.7 GHz
- [2018A&A...612A...27K](https://arxiv.org/abs/2018A&A...612A...27K), The hypersoft state of Cyg X-3. A key to jet quenching in X-ray binaries?
- [2018ATel11439....1T](https://arxiv.org/abs/2018ATel11439....1T), A flat radio spectrum of MAXI J1820+070





Связь событий детектирования нейтрино сверхвысоких энергий с радиовспышками в АЯГ по данным Р-600 (АКЦ ФИАН). Мониторинг TXS 0509+056, TXS 1100+122 на РАТАН-600 в 2006-2020 гг.



The RATAN-600 2-22 GHz continuum spectrum of the neutrino association quasar TXS 1100+122 is slightly rising

ATel #13405: *Yu. A. Kovalev (ASC Lebedev), Yu. Y. Sotnikova (SAO RAS), A. K. Erkenov (SAO RAS), Y. Y. Kovalev (ASC Lebedev, MIPT, MPJ/R), A. Y. Plavin (ASC Lebedev, MIPT), S. V. Troitsky (INR)*

on 15 Jan 2020; 16:31 UT
Credential Certification: *Yuri Y. Kovalev (yyk@asc.rssi.ru)*

Subjects: Radio, Neutrinos, Quasar

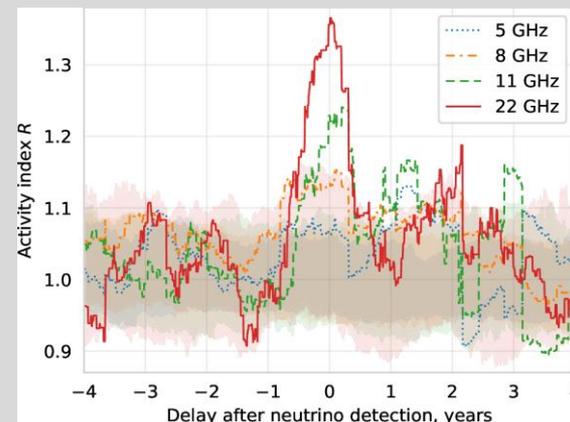
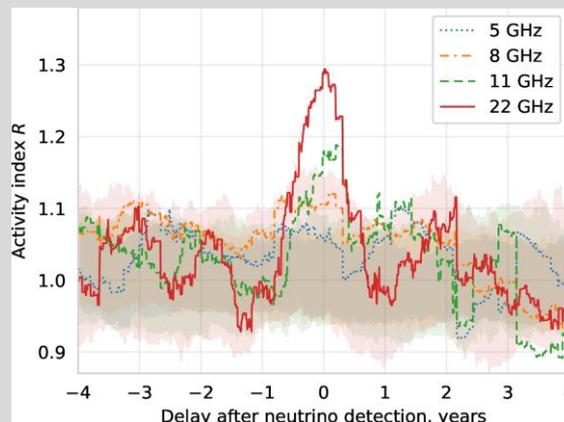
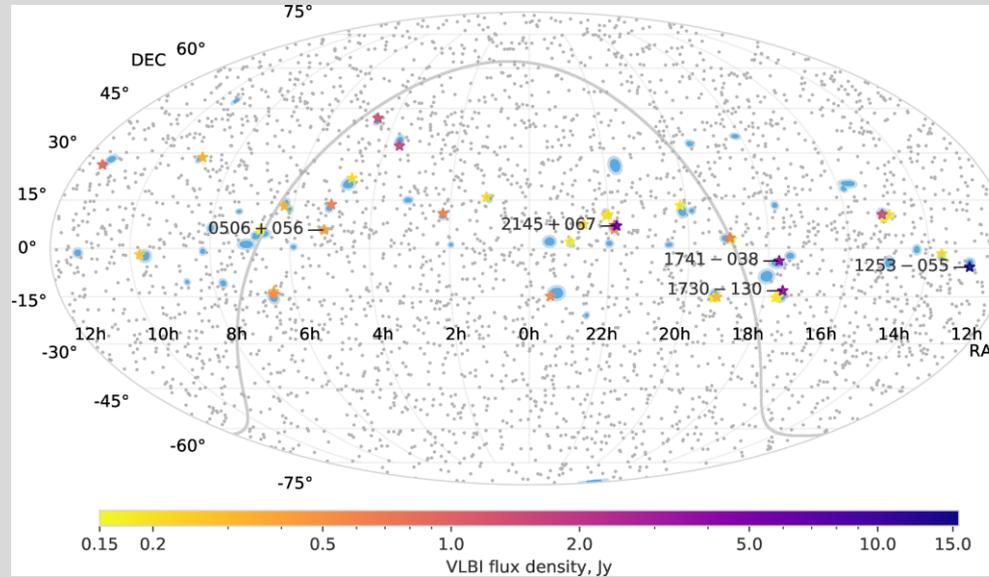
[2020AdSpR..65..745K](#), RATAN-600 and RadioAstron reveal the neutrino-associated blazar TXS 0506+056 as a typical variable AGN.

[2020ApJ...894..101P](#), Observational Evidence for the Origin of High-energy Neutrinos in Parsec-scale Nuclei of Radio-bright Active Galaxies.

[2020ATel13405....1K](#), [2020ATel13397....1K](#).

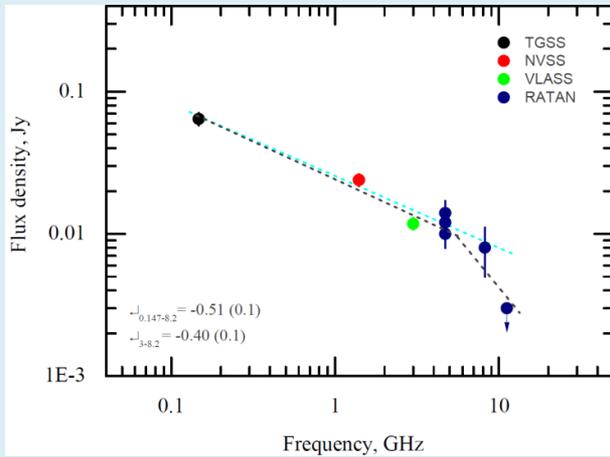


Наблюдательные свидетельства генерации нейтрино высоких энергий в ядрах активных галактик: РСДБ и РАТАН

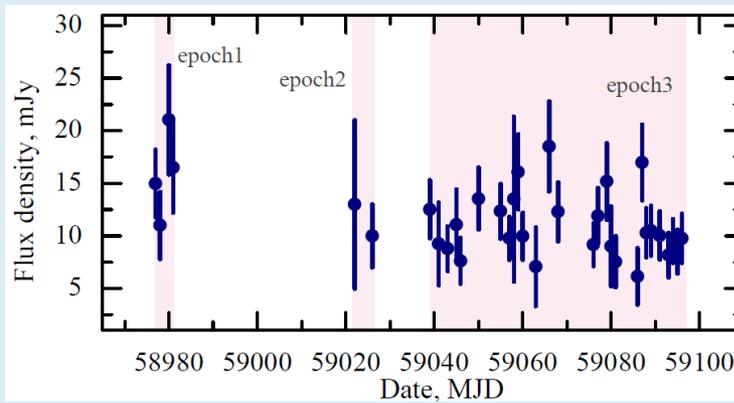




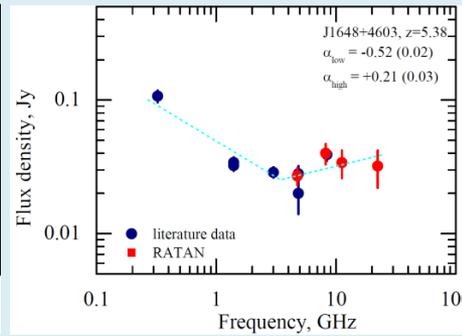
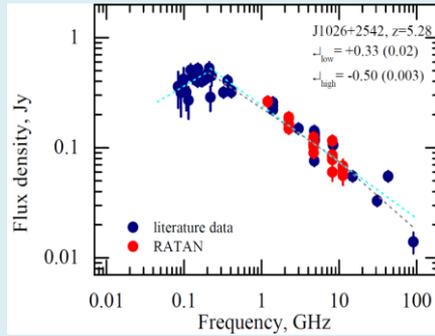
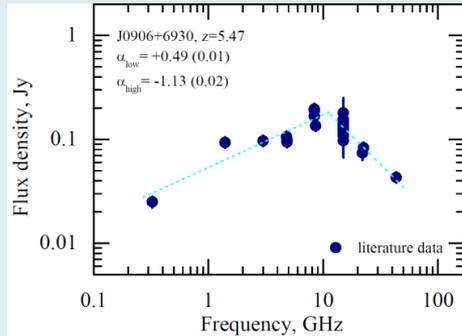
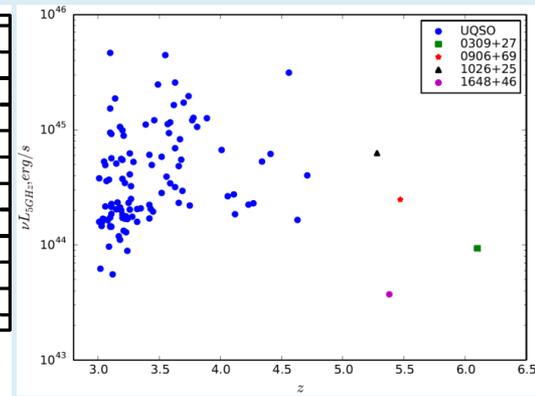
Радиоизлучение самого далекого блазара J0309+27 на $z=6.1$



Radio continuum spectrum of J0309+2717.

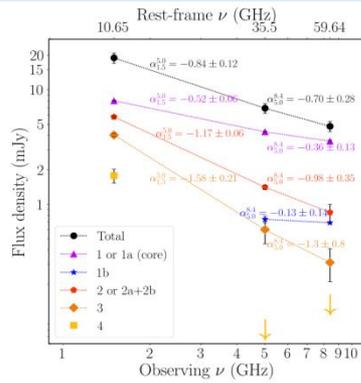
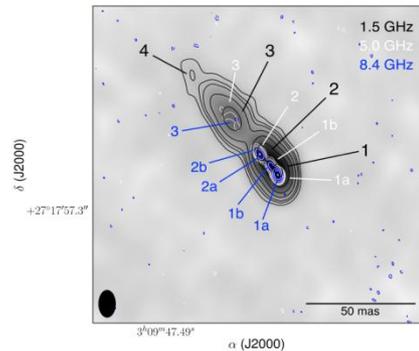


Light curve of the PSO J0309+2717 at 4.7 GHz constructed using measurements with $S/N > 1.5$ (May - Sep 2020).



Radio spectra of three most distant blazars known at redshifts 5.47, 5.38 and 5.28. Blue points are from literature and CATS, red points are the RATAN-600 measurements.

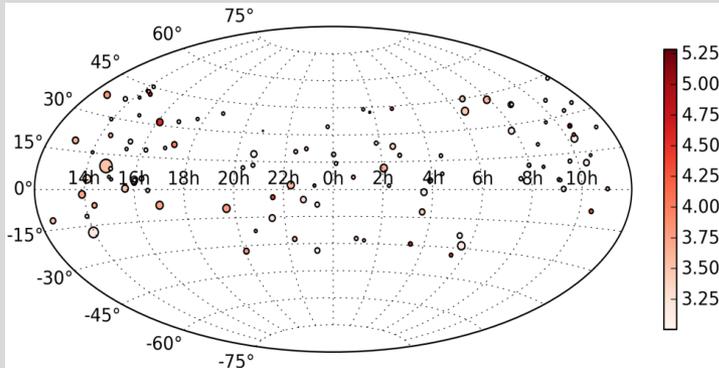
Mufakharov T., Mikhailov A., Sotnikova Yu., et al., MNRAS 2020, accepted.



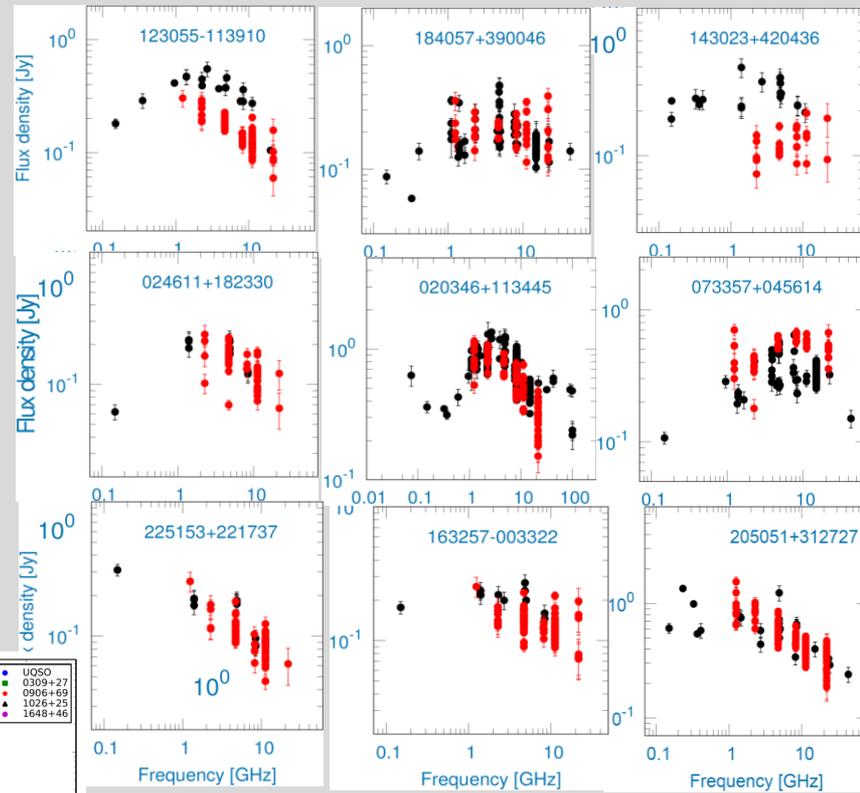
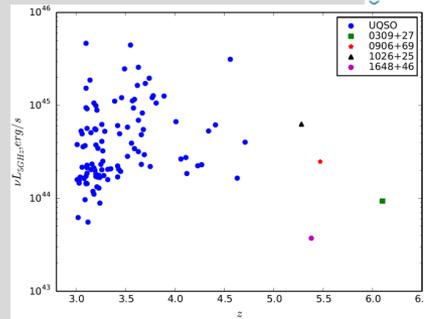
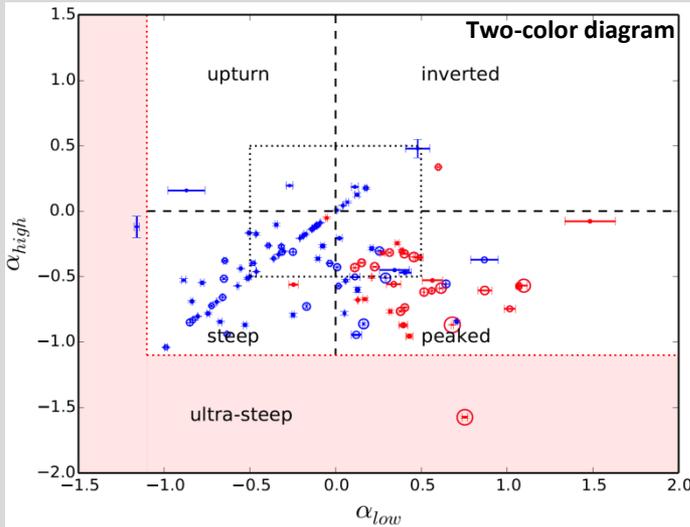
MJD	$N_{4.7\text{GHz}}$	$S_{4.7\text{GHz}}$, mJy	$N_{8.2\text{GHz}}$	$S_{8.2\text{GHz}}$, mJy
epoch 1 58977-58981	4	14±3	4	-
epoch 2 59022-59026	2	12±3	2	-
epoch 3 59041-59096	40	10±2	45	8±3



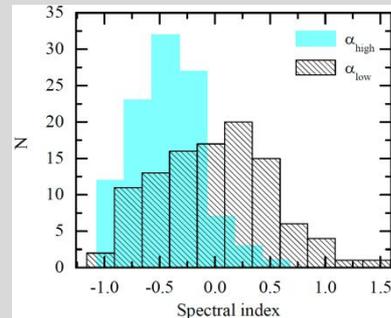
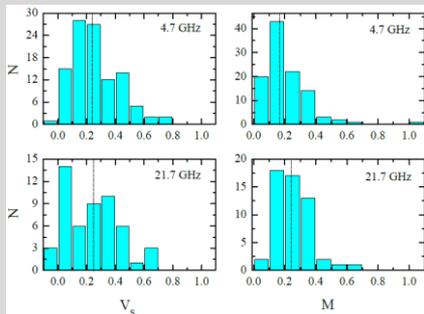
Радиосвойства квазаров на $z \geq 3$ (2017-2020)



106 квазаров, $S_{1.4} \geq 100$ mJy, $-35^\circ \leq \text{DEC} \leq 49^\circ$; $z \geq 3$



type	criteria	N
convex	$\alpha_{low} > 0, \alpha_{high} < 0; \alpha > 0.5$	54
flat	$ \alpha \leq 0.5$	22
normal	$\alpha_{low} < 0, \alpha_{high} < 0; -0.5 \geq \alpha \geq -1.0$	20
rising	$\alpha_{low} > 0, \alpha_{high} > 0$	5
upturn	$\alpha_{low} < 0, \alpha_{high} > 0$	4
steep	$\alpha_{low} < 0, \alpha_{high} < 0; \alpha < -1.0$	1

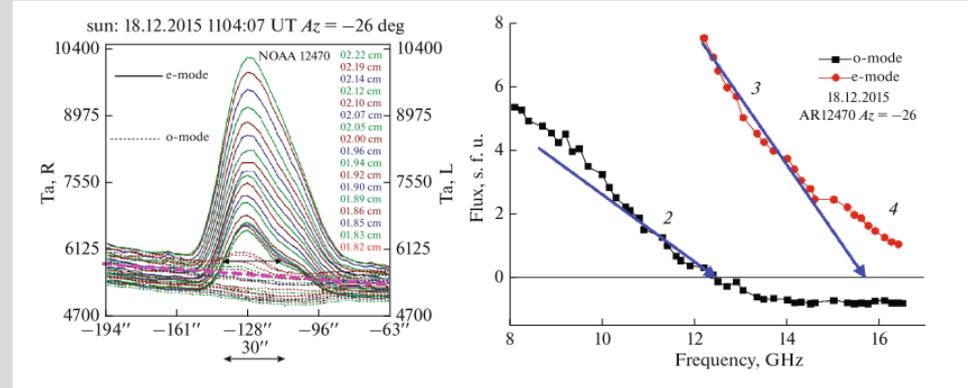
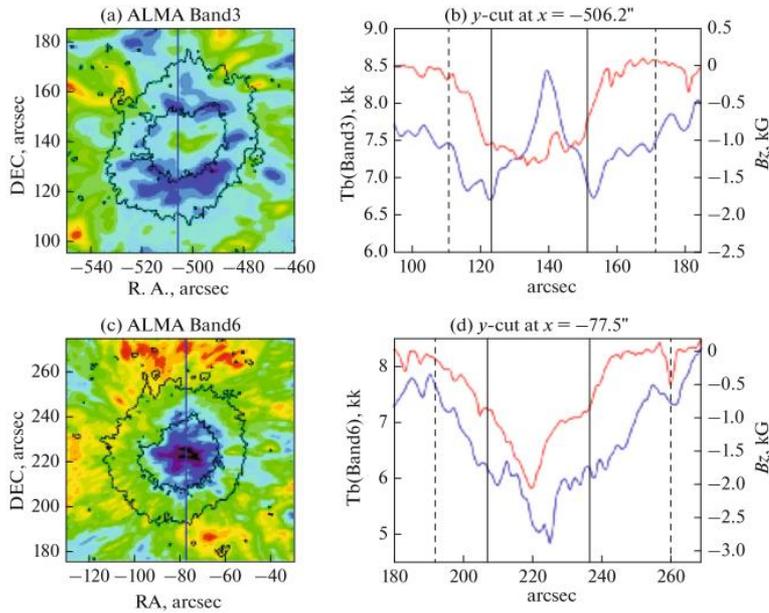


[2018AstBu..73..393V](#); Cosmological Evolution of Average Continuum Spectra of Radio Sources at $Z > 2$ Redshifts.

[2019AstBu..74..348S](#); Multifrequency study of the GPS sources.

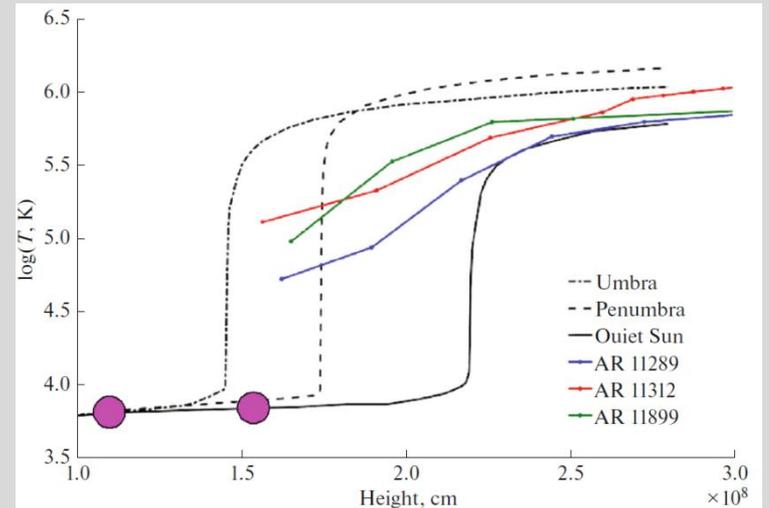


Активные области Солнца по одновременным измерениям RATAN-600 и ALMA



Слева - сканы потока излучения NOAA 12470 в диапазоне волн 1.82-2.22 см. Сплошными линиями показаны излучения в необыкновенной (е-моды), а пунктирными линиями излучение в обыкновенной моде (о-моды). Справа - спектры NOAA12470 в диапазоне 8-17 ГГц в обеих модах.

Слева: карты AR12470, полученные на ALMA (a) 16.12.2015 на волне 3 мм, и (c) 18.12.2015 на волне 1.3 мм. Справа: наблюдаемые профили радиояркости (синий) и продольной компоненты фотосферного магнитного поля по данным SDO/HMI (красный) для горизонтального (b) и вертикального (d) профилей солнечного пятна на 3 и 1.3 мм, соответственно. Сплошными и штриховыми линиями обозначены границы тени и полутени пятна.



[2020Ge&Ae..59..783B](#), Millimeter Observations at ALMA and in the Microwave Range with RATAN-600. Comparison for Active Regions on the Sun



Заключение

1. Молодые научные сотрудники, аспиранты Р-600.
2. Развития приборной базы радиотелескопа (2019-2020).
3. Замена электроприводного и механического оборудования Плоского отражателя, АСУ.
4. Внедрение модульных радиометров диапазона 22 и 14 ГГц.
5. Антикоррозийная защита металлоконструкций телескопа (~43000 m²).
6. Внедрение методов оперативной геодезической юстировки, работа с поверхностью.
7. Поддержка и развитие электронных ресурсов измерений радиотелескопа – CATS, Bicat, Solar forecast, coronal-jets-catalog.

1. Условия выделения гранта в форме субсидии на обновление приборной базы.
2. Совмещение работ по обработке металлоконструкций с плановыми наблюдениями.