

## РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ РАННЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Исследования радиоизлучения ранней Вселенной проводились по двум направлениям: космологический микроволновой фон (КМФ) и далекие радиогалактики. По изучению КМФ получен наблюдательный материал на 32 каналах приемника МАРС-3 на частоте 30 ГГц с разрешением по прямому восхождению до 5". Обработка центрального сечения показала, что случайные ошибки оценки анизотропии близки к нескольким микроградусам. Изучается роль систематических ошибок. Для их уменьшения проводится кросс-корреляционный анализ независимых групп наблюдений. Планируется кросс-корреляция данных РАТАН-600 с данными Planck.

Проводятся наблюдения галактических объектов из каталога Planck для изучения параметров аномального микроволнового излучения, вызываемого вращением мелких пылевых частиц в галактических облаках. Данные послужат также для уточнения физических параметров и модели самой вращательной пыли.

Проведены теоретические исследования спектрально-пространственных искажений, формирующихся на дорекомбинационной стадии эволюции Вселенной. Показано, что такие искажения могут иметь двойную природу:

- по типу обычных первичных флуктуаций, образуемых в данном случае при рассеянии не на свободных электронах, а в линиях водорода;
- за счет абсорбции в линиях водорода в направлении на яркие пятна на карте КМФ аналогично Ly $\alpha$ -«лесу» в спектрах квазаров.

По второму направлению особое внимание уделялось популяции далеких радиогалактик FRII-типа с крутыми и ультракрутыми спектрами. Новые наблюдательные данные по их светимости в разных диапазонах длин волн говорят о наличии сверхмассивных черных дыр с массой более  $10^9 M_{\odot}$ , сформировавшихся в первый миллиард жизни Вселенной, что требует уточнения теории образования подобных объектов.

*Парижский Ю.Н.*

### БОЛЬШОЙ МЕРДЖИНГ В ДАЛЕКИХ РАДИОГАЛАКТИКАХ

Три объекта из выборки радиоисточников программы «Большое трио» имеют красное смещение  $z_{sp} > 3$  (см. титульную сторону обложки отчета).

Около одной из самых мощных радиогалактик RC J0311+0507 (4C +04.11) с  $z = 4.51$  (Отчет САО РАН 2009, с. 86-87), второй по дальности из известных галактик FRII-типа, по наблюдениям БТА, архивным данным Subaru и Spitzer обнаружена повышенная

## RADIO ASTRONOMY INVESTIGATIONS

### RADIO EMISSION OF THE EARLY UNIVERSE

Investigation of radio emission of the Early Universe was carried out in two directions: the cosmological microwave background (CMB) and distant galaxies. On CMB the observational material was obtained in 32 channels with the MARS-3 at the frequency 30 GHz with right ascension resolution up to 5". The processing of the central cross-section showed that random errors of anisotropy estimations are close to several microdegrees. The role of systematic errors is being studied. To reduce them, the cross-correlation analysis of independent groups of observations is made. The cross-correlation of RATAN-600 data and Planck data is planned.

Galactic objects from the catalog Planck are observed to study parameters of anomalous microwave emission generated by rotation of small dust particles in galactic clouds. The data will be also used to specify physical parameters and model of the rotating dust itself.

The spectral-spatial distortions formed at the pre-recombination stage of evolution of the Universe were studied theoretically.

It was shown that such distortions can have the dual nature:

- by type of usual primordial fluctuations which are formed in this case not on free electrons, but in hydrogen lines;
- due to absorptions in hydrogen lines in direction to bright spots on the CBM map similarly to the Ly $\alpha$  «forest» in spectra of quasars.

In the second direction the special consideration was given to the population of distant type FRII radio galaxies with steep and ultra steep spectra. New observational data on their luminosity in different wavelength ranges testify the presence of supermassive black holes with the mass more than  $10^9 M_{\odot}$  formed in the first billion year of life of the Universe, which demands specification of the theory of formation of such objects.

*Parijskij Yu.N.*

### BIG MERGING IN DISTANT RADIO GALAXIES

Three objects from a sample of radio sources of the program «Big Trio» have the red shift  $z_{sp} > 3$  (see the title page of the Report cover).

Near one of the most powerful radio galaxies RC J0311+0507 (4C +04.11) with  $z = 4.51$  (SAO RAS Report 2009, p. 86-87), which is the second in distance from the known type FRII galaxies, from BTA observations and archive data of Subaru and

плотность объектов и несколько Ly $\alpha$ -эмиттеров (Отчет САО РАН 2012, с. 72-73). RC J1740+0502 ( $z = 3.57$ ) является кандидатом в двойную AGN-галактику (Отчет САО РАН 2010, с. 76; Отчет САО РАН 2013, с. 73-75). У третьего объекта RC J0105+0501 ( $z = 3.14$ ) родительская галактика имеет вытянутую рыхлую форму и по координатам не попадает между компонентами источника, как при обычном отождествлении двойных радиоисточников, а совпадает с N-компонентой источника, причем не уярчением, а наоборот, более слабой в оптике частью. Такая картина указывает на особенности близкого окружения и для этого источника, а именно: наличие близких соседей.

Все три радиоисточники – далекие радиогалактики, скорее всего, имеют соседей в близком окружении и обладают высокими радиосветимостями ( $L_{500\text{MHz}} \sim 10^{28-29} \text{Вт/Гц}$ ), что требует наличия гигантской черной дыры с достаточным темпом аккреции, а также быстрого ее вращения. Последнее может быть следствием большого мерджинга.

*Парицкий Ю.Н., Желенкова О.П., Копылов А.И., Темирова А.В.*

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГИГАНТСКИХ РАДИОГАЛАКТИК

В рамках проекта по изучению гигантских радиогалактик (ГРГ) исследовались карты обзора NVSS (Отчет САО РАН 2013, с. 75-76). Были обнаружены 8 ГРГ с признаками взаимодействующих галактик. Объекты имеют нетривиальную структуру в радиодиапазоне: S- или X-подобную форму, присущую источникам на заключительной стадии слияния радиогалактик. С использованием баз данных CATS, NED, SkyView проведено отождествление этих объектов.

На осредненном снимке ГРГ по картам КМФ (Planck) наблюдается локальный максимум, соответствующий сигналу в миллиметровом диапазоне, где доминирует излучение пыли.

Объекты включены в объединенный каталог ГРГ для анализа вклада в угловой спектр мощности анизотропии от радиогалактик, излучающих в миллиметровом диапазоне.

*Соловьев Д.И., Верходанов О.В. Астрофиз. бюлл. 69, 150 (2014); Астрон. журнал 91, 592 (2014); Письма в АЖ 40, 671 (2014).*

## СТАТИСТИКА СИГНАЛА МИКРОВОЛНОВОГО ФОНА В НАПРАВЛЕНИИ НА ГАММА-ВСПЛЕСКИ

Проведено исследование распределения  $\gamma$ -всплесков по каталогам BATSE и BeppoSAX по отношению к данным микроволнового фона (рис. 45). Для анализа данных применялись следующие методы:

- построение гистограммы значений сигнала КМФ в направлении GRB;
- расчет мозаичных карт корреляций для положений гамма-всплесков и распределения МФ;

Spitzer a high density of objects and several Ly $\alpha$  emitters were detected (SAO RAS Report 2012, p.72-73). RC J1740+0502 ( $z = 3.57$ ) is a candidate to a double AGN (SAO RAS Report 2010, p. 76; SAO RAS Report 2013, p. 73-75). In the third object RC J0105+0501 ( $z = 3.14$ ) the host galaxy has an extended fluffy shape and its coordinates do not get between the source components in contrast to usual identification of double radio sources, but it coincides with the N-th component of the source, and not by brightening, but by a fainter optical part. Such a picture testifies the peculiarities of close environment of the source, namely, the presence of close neighbors.

All three radio sources are distant radio galaxies, they are likely to have neighbors in the close surrounding and their radio luminosity is high ( $L_{500\text{MHz}} \sim 10^{28-29} \text{W/Hz}$ ), which demands the presence of a huge black hole with a sufficient rate of matter accretion and its fast rotation. The latter can result from a big merging.

*Parijskij Yu.N., Zhelenkova O.P., Kopylov A.I., Temirova A.V.*

## INVESTIGATION OF GIANT RADIO GALAXIES

Within the scope of a project on the study of giant radio galaxies (GRGs) the maps of the NVSS survey were investigated (SAO RAS Report 2013, p.75-76). 8 GRG with signs of interacting galaxies were detected. The objects have a nontrivial radio structure: the S- or X-shape form intrinsic to sources at final stages of merging of radio galaxies. Optical and radio identification of these objects was carried out with the use of the databases CATS, NED, SkyView.

In an averaged image of GRGs in CMB maps (Planck) a local maximum is observed which corresponds to a signal in the millimeter wavelength range where the emission of dust predominates.

The objects are included in the united catalog of GRGs to analyze the contribution of anisotropy from radio galaxies emitting in the millimeter range in the angular power spectrum.

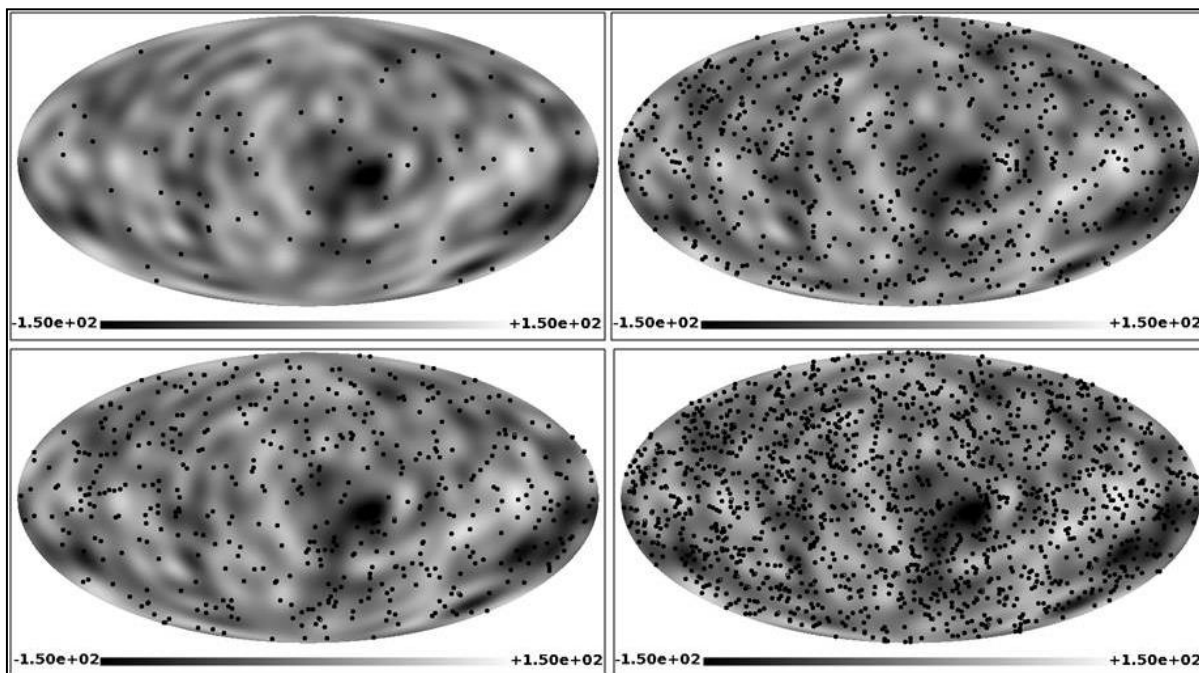
*Soloviev D.I., Verkhodanov O.V. Astrophys. Bull. 69, 141 (2014); Astron. Report 58, 506 (2014); Astr. Letters 40, 606 (2014).*

## STATISTICS OF THE MICROWAVE BACKGROUND SIGNAL IN DIRECTION TO GAMMA-RAY BURSTS

Distribution of  $\gamma$ -ray bursts from the catalogs BATSE and BeppoSAX relative to microwave background data was investigated (Fig. 45). To analyze data the following methods were applied:

- the histogramming of CMB signal values in direction to GRBs;
- calculation of mosaic correlation maps for GRB locations and CMB distribution;

- вычисление среднего отклика на карте МФ в области «среднего популяционного GRB».
- calculation of an average response in a region of «an average-population GRB» on the CMB map.



**Рис. 45.** Положение  $\gamma$ -всплесков из разных подвыборок на картах КМФ с разрешением  $l_{max}=20$ . Распределение подвыборок каталогов  $\gamma$ -всплесков на небесной сфере. На левом верхнем рисунке показаны данные BeppoSAX,  $t < 2$  с. На правом верхнем рисунке — данные BeppoSAX,  $t > 2$  с. Левый нижний рисунок демонстрирует данные BATSE,  $t < 2$  с. Правый нижний рисунок—данные BATSE,  $t > 2$  с.

**Fig. 45.**  $\gamma$ -ray burst locations from different samples on CMB maps with the resolution  $l_{max}=20$ . Distribution of subsamples of GRB catalogs on the celestial sphere. The upper left panel shows BeppoSAX data,  $t < 2$  s. The upper roght panel shows BeppoSAX data,  $t > 2$  s. The bottom left panel presents BATSE data,  $t < 2$  s. The bottom right panel presents BATSE data,  $t > 2$  s.

Обнаружена корреляция положения GRB и флуктуаций КМФ на сфере, что может быть интерпретировано как влияние систематических эффектов в процессе наблюдений. Корреляция положений GRB и КМФ, по крайней мере, частично обусловлена сигналом в экваториальной системе координат. Причина такой связи может заключаться в модуляции сигнала КМФ, наблюдаемого в точке L2, микроволновым излучением Земли через далекие лепестки диаграммы направленности антенны. Отклонения в распределении GRB в экваториальной системе вызваны неравномерной чувствительностью (временем накопления сигнала) по небу приемного оборудования спутников, обращающихся вокруг Земли и всегда направленных в противоположную от нее сторону. Так обнаруженная зависимость от экваториальной системы координат при поиске корреляции в исследуемых данных возникает естественным образом.

При осреднении площадок в окрестности  $\gamma$ -всплесков на картах КМФ обнаружено различие в распределении средних флуктуаций для коротких и длинных  $\gamma$ -всплесков, что может быть вызвано различной природой этих событий. При этом короткие ( $t \sim 2$ сек) всплески попадают в локальный минимум. Если короткие GRB возникают в старых

A correlation of GRB locations and CMB fluctuations on the sphere was detected, which can be interpreted as influence of systematic effects in the course of observations. The correlation between GRB locations and CMB is caused, at least partially, by a signal in the equatorial coordinate system.

Such a relation can be caused by modulation of the CMB signal observed in the point L2 by the microwave emission of the Earth through far lobes of the antenna directional diagram.

Deviations of the GRB distribution to the side of equatorial coordinate system are caused by irregular sensitivity (time of signal accumulation) over the sky of the receiving equipment of satellites rotating around the Earth and always directed to the opposite side from it. In this case the detected dependence on the equatorial coordinate system during the search for correlation of the data under investigation arises naturally.

When averaging areas in vicinity of  $\gamma$ -ray bursts on CMB maps a difference between distributions of average fluctuations for short and long  $\gamma$ -ray bursts was detected, which can be caused by different natures of these events. At that, short ( $t \sim 2$ s) bursts get to the local minimum.

If short GRBs originate in old elliptical galaxies

эллиптических галактиках, расположенных в скоплениях галактик, то локальный минимум может быть обусловлен эффектом Зельдовича-Сюняева.

Если длинные всплески связаны со вспышками сверхновых, т.е. с галактиками со звездообразованием, то собственное излучение галактик в микроволновом диапазоне будет преобладать над эффектами окружения и приводить к появлению локального максимума на картах КМФ.

*Хабидуллина М.Л., Верходанов О.В., Соколов В.В. Астрофиз. бюллетень 69, 500 (2014).*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ RCR-КАТАЛОГА ПО ДАННЫМ МИССИИ PLANCK

Исследованы карты КМФ (Planck) в окрестностях радиоисточников каталога RCR (Refined RATAN Cold). Для оценки плотности потока по ярким радиоисточникам построены калибровочные кривые. Для 117 объектов впервые получены оценки плотности потока на миллиметровых и субмиллиметровых волнах, построены спектры, проведены отождествления и собрана информация, имеющаяся в базах данных.

Слабые, трудновычищаемые микроволновые источники дают дополнительный вклад во вторичную анизотропию на угловых масштабах порядка  $7'$ . Статистика пиков космического микроволнового фона в области исследуемых радиоисточников различна для объектов разных спектральных типов в радиодиапазоне. Это может говорить о неслучайности выделения отобранных источников в микроволновом диапазоне, чей положительный вклад нивелирует ожидаемые статистические оценки для холодных пятен на картах КМФ.

*Верходанов О.В., Майорова Е.К., Желенкова О.П., Хабидуллина М.Л., Соловьев Д.И., Парийский Ю.Н.*

### ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ОБЗОРАМ РАТАН-600 1980-1994 ГГ.

Продолжен поиск переменных объектов в обзорах 1980–1994 гг. в полосе прямых восхождений  $2^h \leq RA \leq 6^h$  на частоте 3.94 ГГц (Отчет САО РАН 2011, с. 73; Отчет САО РАН 2012, с. 75-76). Выделено 195 радиоисточников, причем только у 145 объектов плотности потоков получены по двум и более обзорам. Для них проведены количественные оценки индексов изменчивости. У 15 источников индекс долговременной изменчивости оказался положительным ( $V > 0$ ). Если привлечь к оценке изменчивости этих источников данные других авторов о плотностях потоков в обзоре 1980 г., то достоверно переменными оказываются восемь объектов.

Для источников с положительным индексом долговременной изменчивости построены кривые блеска и спектры, проведено их оптическое отождествление.

*Майорова Е.К., Желенкова О.П., Темирова А.В.*

located in galaxy clusters, then the local minimum can be caused by the Zeldovich-Sunyaev effect.

If long bursts are related to bursts of supernovae, i.e. with galaxies with star formation, then the proper emission of galaxies containing dust and gas will prevail in the microwave range over the effects of environment and lead to appearance of a local maximum in the CMB maps.

*Khabibullina M.L., Verkhodanov O.V., Sokolov V.V. Astrophys. Bulletin, 69, 472 (2014).*

### STUDY OF SOURCES FROM THE RCR CATALOG BY DATA OF THE PLANCK MISSION

The CMB maps (Planck) were investigated in vicinity of radio sources of the RCR (Refined RATAN Cold) catalog. To estimate the flux density from data of bright radio sources the calibration curves were plotted. For 117 objects the estimations of flux density at millimeter and sub-millimeter wavelengths were first obtained, the spectra were built, identifications were made, and information available in databases was gathered.

Faint microwave sources which hardly can be cleaned make additional contribution to the secondary anisotropy at angular scales of order  $7'$ . Statistics of peaks of cosmic microwave background in region of the sources under investigation is different for objects of different spectral types in the radio range. This fact can testify the nonrandom character of selection of chosen sources whose positive contribution smoothes out the expected statistical estimations for cold spots in the Planck CMB maps.

*Verkhodanov O.V., Mayorova E.K., Zhelenkova O.P., Khabibullina M.L., Soloviev D.I., Parijskij Yu.N.*

### SEARCH FOR VARIABLE SOURCES IN RATAN-600 SURVEYS OF 1980-1994

The search for variable objects in the surveys of 1980-1990 in the right ascension band  $2^h \leq RA \leq 6^h$  at the frequency 3.94 GHz was continued (SAO RAS Report 2011, p. 73; SAO RAS Report 2012, p.75-76). 195 radio sources were selected, the flux densities of only 145 of them being obtained from two or more surveys. To test them variability we made qualitative estimations of the variability indexes. In 15 objects the long-variability index turned out to be positive ( $V > 0$ ). If estimation of variability of these sources invokes data on flux density in the survey of 1980 by other authors, then 8 sources turn out to be reliably variable.

The light curves and spectra were built for sources with the positive index of long-term variability. Their optical identification was carried out.

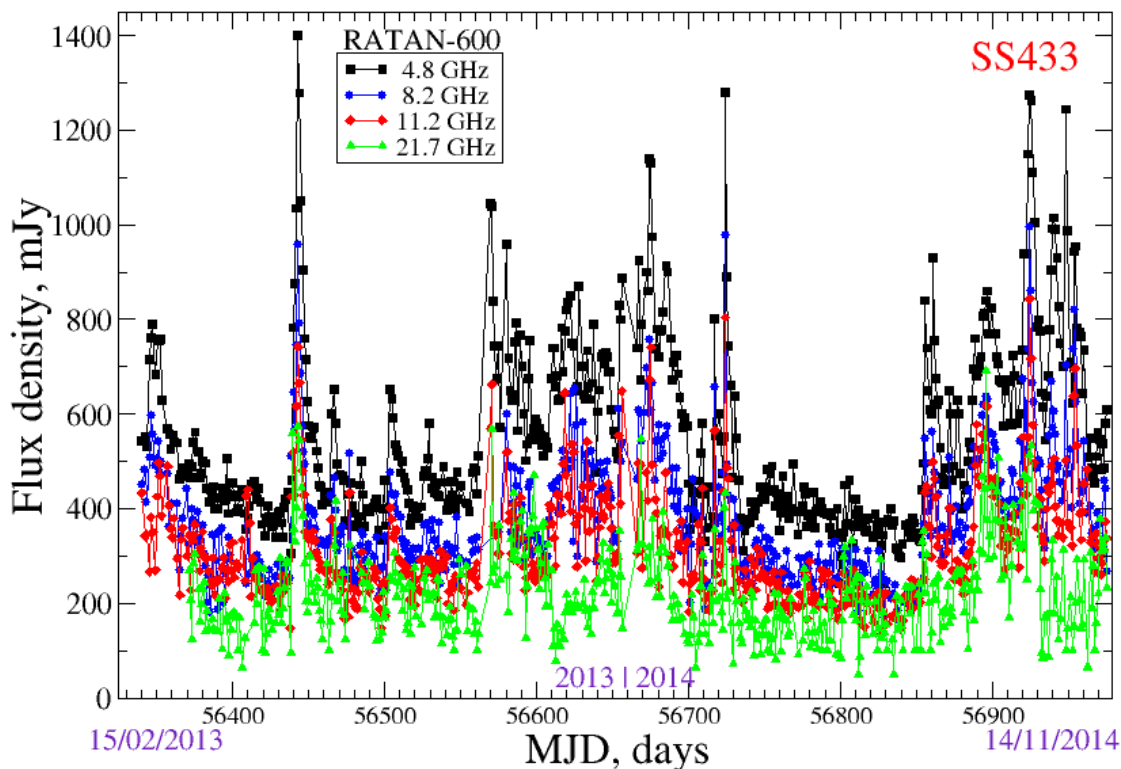
*Mayorova E.K., Zhelenkova O.P., Temirova A.V.*

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ МИКРОКВАЗАРОВ**

**STUDY OF VARIABLE RADIO EMISSION OF MICROQUASARS**

С целью выявления струйной активности и связи ее с процессами аккреции на релятивистские компоненты на северном и южном секторах РАТАН-600 на частотах 4.8, 8.2, 11.2 и 21.7 ГГц выполнялся ежедневный мониторинг выборки микроквazarов и ярких квазаров с плоскими спектрами, которые еще использовались для точной калибровки.

To reveal the jet activity and its relation with the process of accretion on relativistic components, the daily monitoring at frequencies 4.8, 8.2, 11.2 and 21.7 GHz on the northern and southern sectors of RATAN-600 was carried out of a sample of microquasars and bright quasars with flat spectra which were also used for precise calibration.



**Рис. 46.** Кривые блеска SS 433 на разных частотах с 15.02.2013 г. по 14.11. 2014 г. В течение 640 измерений зарегистрированы периоды ярких оптически тонких радиовспышек и периоды спокойного состояния, когда изменения потоков не превышали 10%.

**Fig. 46.** The light curves of SS433 at different frequencies from 15 Feb. 2013 to 14 Nov. 2014. During 640 measurements there were the periods of bright optically thin radio flashes and the periods of quiescent state, when the flux change did not exceed 10%.

В 2014 г. проведено 2500 наблюдений семи микроквazarов и 30 квазаров на 2-4 частотах одновременно. Средняя точность измерений плотности потока составляет 3-7% в зависимости от диапазона и яркости источника. Построены кривые блеска и/или мгновенные спектры.

In 2014 2500 observations of 7 microquasars and 30 quasars were observed at 2-4 frequencies simultaneously. The average measurement precision of flux densities is 3-7% depending on the source range and brightness. The light curves and/or instant spectra were built for all sources.

**Микроквazar SS 433.** В течение 2013-2014 гг. (Отчет САО РАН 2013, с. 79-80) для объекта проводились ежесуточные измерения на четырех частотах (рис. 46). По этим данным впервые проведено сравнение кривых блеска SS 433 с наблюдениями, полученными на низких частотах (140 МГц, LOFAR).

**The microquasar SS 433.** During 2013-2014 (SAO RAS Report 2013, p. 79-80) the object was measured at four frequencies every day (Fig. 46). The SS 433 light curves from these data were first compared with observations obtained at low frequencies (140 MHz, LOFAR).

Отмечена корреляция - чем выше потоки на высоких частотах, тем выше они и в оптически толстой части спектра на 150 МГц. Каждая вспышка хорошо описывается кратковременной (меньше суток)

The correlation was noticed: the higher is the flux at high frequencies, the higher it is in the optically thick part of spectra at 150 MHz. Each flash is described well by a short (of duration less than a day)

генерацией релятивистских электронов в сгустке вещества, движущегося от объекта, с последующей релаксацией радиоизлучения в течение 10-15 дней.

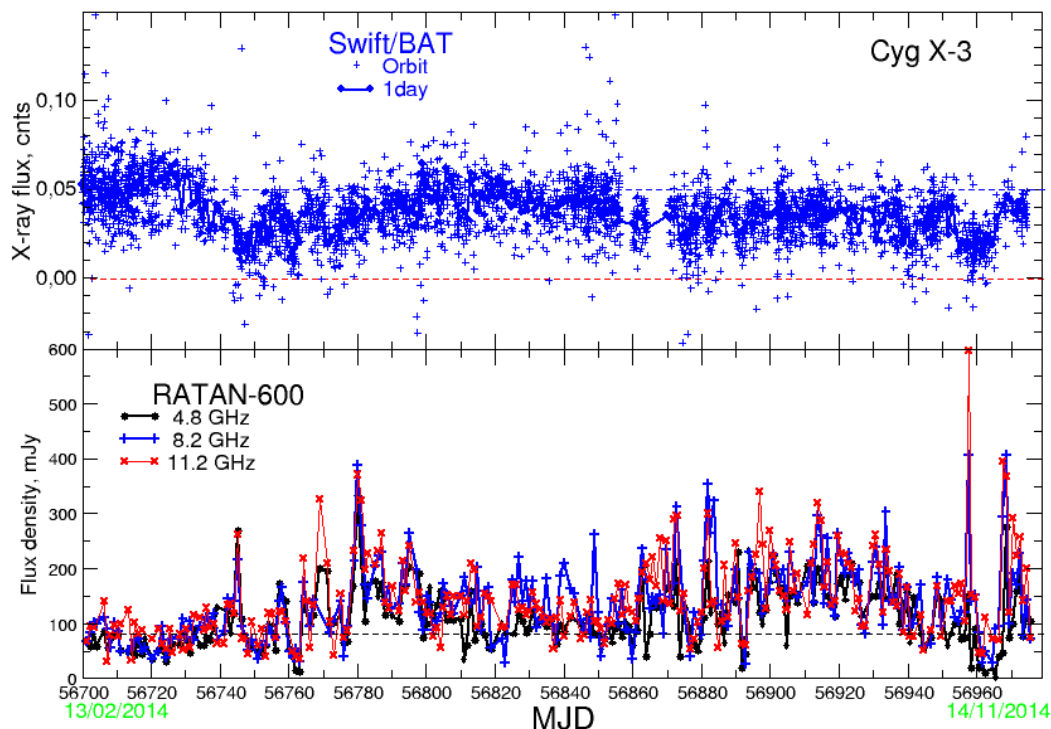
Трушкин С.Н., Низельский Н.А., Цыбулев П.Г., Горанский В., Фабрика С.Н. и др. *Astronomer's Telegram* 6492 (2014); *Astronomer's Telegram* 6364 (2014).

**Микроквазар Cyg X-3.** В течение 2014 г. объект находился в относительно спокойном состоянии, не было ни одной вспышки ярче 1 Ян.

generation of relativistic electrons in a matter blob moving from the object with subsequent relaxation of radio emission during 10-15 days.

Trushkin S.A., Nizhelskij N.A., Tsybulev P.G. Goransky V., Fabrika S.N. et al. *Astronomer's Telegram* 6492 (2014); *Astronomer's Telegram* 6364 (2014).

**The microquasar Cyg X-3.** During 2014 the object was in a relatively quiescent state. There were no flashes brighter than 1 Jy.



**Рис. 47.** Кривые блеска Cyg X-3 в спокойном состоянии в течение февраля - ноября 2014 г. Мини-вспышки около MJD 56960 согласуется с кратковременным переходом в гипер-мягкое рентгеновское состояние по данным Swift/BAT.

**Fig. 47.** The light curves of Cyg X-3 in the quiescent state during February-November 2014. A mini-flash near MJD 56960 agrees with a short-term transition to a hyper-soft X-ray state by Swift-BAT data.

Эпизоды спокойного радиоизлучения Cyg X-3 могут быть связаны с взаимодействием выброса вещества из активной области и окружающей среды сравнительно близко от аккреционного диска, возможно на границе короны (Отчет САО РАН 2012, с. 73). Таким образом, наблюдается постоянно действующий генератор релятивистских частиц на границе короны, так называемый «компактный джет».

Впервые в этой спокойной стадии удалось обнаружить значимую периодическую модуляцию радиоизлучения с периодом  $12.8 \pm 0.2$  дня. Период хорошо выявляется на кривых блеска всех частотных диапазонов и подтверждается данными Swift. Вероятная природа этой модуляции — прецессия аккреционного диска, которая в свою очередь вызывает покачивание основания струйных выбросов. При анализе данных РАТАН-600 и Swift между рентгеновским потоком и радиоизлучением обнаружена отрицательная корреляция. Однако, при

The episodes of quiet radio emission of Cyg X-3 can be related to interaction between ejection of matter from an active region and the environment relatively close to the accretion disk, probably at the corona boundary (SAO RAS Report 2012, p. 73). Thus, we observe a permanently operating generator of relativistic particles at the corona boundary, so called «compact jet».

We first in this quiet stage succeeded in detecting a significant periodic modulation of radio emission with the period  $12.8 \pm 0.2$  days. The period is detected well in light curves of all frequency ranges and is confirmed once more by simultaneous data from the Swift satellite. The probable nature of this modulation is a precession of the accretion disk, which, in turn, induces the rocking of the jets' base. In the analysis of RATAN-600 and Swift data, a negative correlation between the X-ray flux and radio emission was detected. However, at the transition

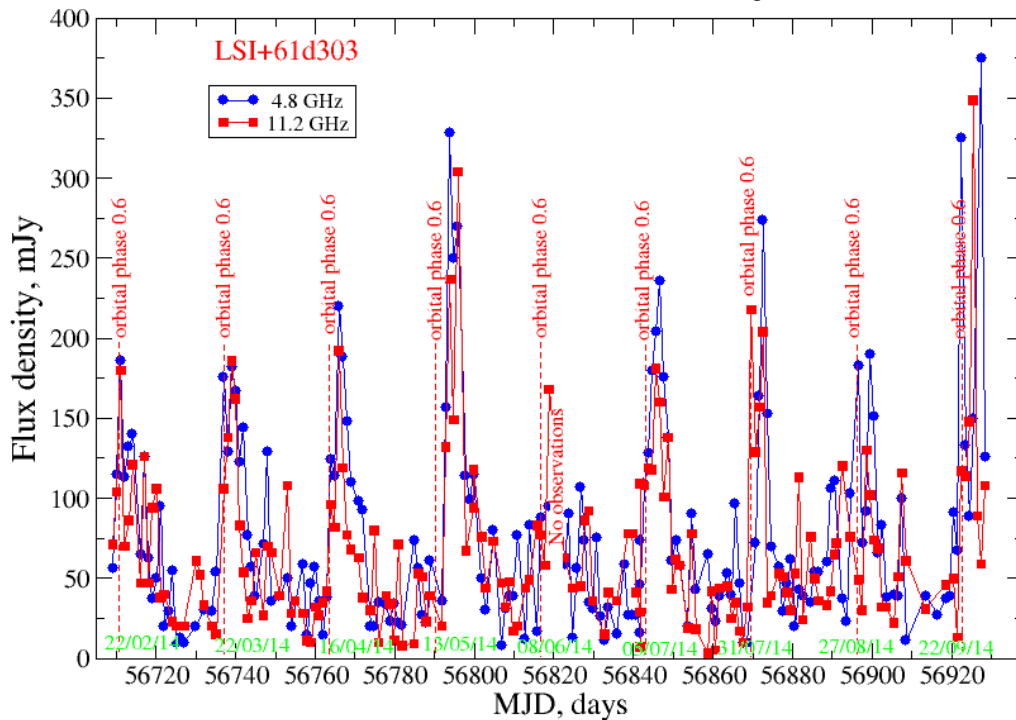


переходе от почти нулевого уровня рентгена к детектируемым значениям возникает резкий подъем радиопотока (мини вспышки). Как ранее нами было обнаружено, что перед мощной радиовспышкой есть период 10-20 дней так называемого «гипер-мягкого» состояния системы, когда поток жесткого рентгена близок к нулю, а уровень мягкого рентгеновского излучения довольно высок. Однако, такого состояния не наблюдалось в системе Cyg X-3 с 2009 г. (рис. 47).  
**Трушкин С.А.**

from the almost zero level in X-ray to detectable values, a sharp increase of radio flux appears (mini flashes). As we detected previously, before a powerful radio flash there is a period of 10-20 days of so called «hyper soft» state of the system when the flux of hard X-ray is close to zero, and the level of soft X-ray is rather high.  
 However, such a state was not observed in the system Cyg X-3 from 2009 (Fig. 47).  
**Trushkin S.A.**

**Микроквазар LSI+61d303.** В 2014 г. проводился мониторинг микроквара и  $\gamma$ -источника LSI+61d303 на частотах 4.8 и 11.2 ГГц (рис. 48).

**The microquasar LSI+61d303.** In 2014 the monitoring of the microquasar and  $\gamma$ -ray source LSI+61d303 was carried out at the frequencies 4.8 and 11.2 GHz (Fig. 48).



**Рис. 48.** Кривые блеска LSI+61d303 в течение девяти орбитальных периодов двойной системы, состоящей из Be-звезды и релятивистского объекта (черной дыры или нейтронной звезды). Отмечены фазы орбитального периода 0.6, после которых происходят радиовспышки, являющиеся следствием формирования релятивистского струйного выброса.

**Fig. 48.** The LSI+61d303 light curves during nine orbital periods of the binary system consisting of a Be star and a relativistic object (a black hole or a neutron stars). The phases 0.6 of the orbital period are marked followed by radio flashes induced by formation of a relativistic jet.

По средней орбитальной кривой блеска установлено, что радиоизлучение вспышки эволюционирует от оптически толстого состояния к оптически тонкому состоянию, когда спектральный индекс достигает максимального отрицательного значения -0.55, затем радиоизлучение постепенно возвращается к плоскому спектру с нулевым индексом. Все это хорошо соответствует эволюции синхротронного излучения при однократной генерации релятивистских электронов и последующего расширения этого облака. Впервые удалось определить период радиовспышек, который оказался равным  $26.62 \pm 0.05$  дням (рис. 49).

From the average orbital light curve it was established that radio emission of a flash evolves from the optically thick state to the optically thin one when the spectral index achieves the peak negative value -0.55, then radio emission gradually returns to the flat spectrum with the index equal to zero. All that corresponds well to the evolution of synchrotron emission during a single generation of relativistic electrons and subsequent expansion of this cloud. We first succeeded in determination of the radio flare period. It turned out to be equal to  $26.62 \pm 0.05$  days (Fig. 49).

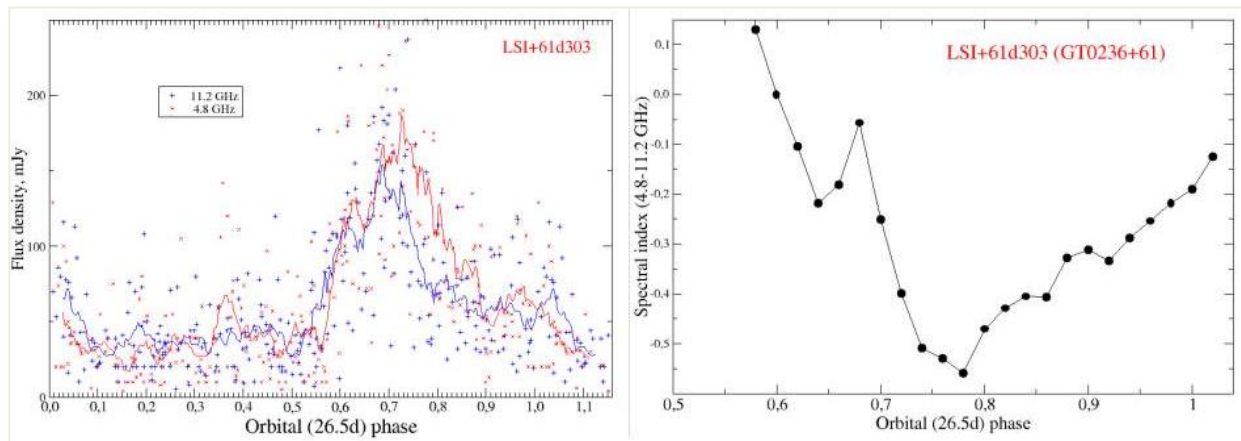


Рис. 49. Средние по восьми периодам кривые блеска (слева) и спектральный индекс LSI+61d303 (справа).

Fig. 49. The average light curves over 8 periods (left) and the spectral index of LSI+61d303(right).

Это соответствует ранее найденному орбитальному периоду системы 26.5 дня. Правда, в отличие от работы Масси и др. (2013), кроме этой основной гармоникой не обнаружено биений с периодичностью близкую основному периоду, которая могла бы отвечать за прецессионное движение струй.

Еще отмечено заметное смещение моментов максимума радиопотока по мере изменения фазы сверхорбитального 4.6-летнего периода. Однако эти моменты не соответствуют расчетам Грегори (2002) и Масси (2013), то есть можно предположить, что сверхорбитальный период продолжительностью в  $1667^d$  либо медленно меняется, либо изначально определен с недостаточной точностью.

Трушкин С.А.

### БЫСТРАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ МАЗЕРОВ ОН В ТУМАННОСТИ W3

Завершен трехлетний цикл наблюдений (32-м радиотелескоп, Квазар-КВО, Светлое) мазеров ОН в хорошо известной области звездообразования в туманности W3 (Отчет САО РАН 2012, с. 76). Оказалось, что наибольшую активность показала область излучения на лучевой скорости  $-46.2$  км/с на частоте 1665 МГц в 12.2011-03.2012 гг. Затем эта область активности не проявляла.

Обнаружено несколько вспышек излучения ОН, наиболее впечатляющая из которых произошла 23.01.2012 г. В это время интенсивность излучения увеличилась примерно в 7 раз за время 90 секунд, а затем упала до прежнего уровня.

Столь быстрого и мощного изменения сигнала мазеров ОН нигде не наблюдалось. При таком характерном времени изменения сигнала оценка линейного размера области мазерного излучения по лучу зрения составляет 0.18 а.е. или при сферической симметрии – угловой размер составляет  $0.001''$ . Оценка яркостной температуры этой детали дает коэффициент усиления мазера порядка  $10^8$ .

Госачинский И.В., Гренков С.А., Ипатов А.В., Рахимов И.А.

It corresponds to a previously found orbital period of the system of 26.5 days. But, as distinct from the paper by Massi et al. (2013), beside this basic harmonic, we found no pulsations with a period close to the basic one, which could be responsible for the precession motion of jets.

Also, a noticeable shift of the radio flux maximum moments with the change of the super orbital 4.6-year period was noted. However, these moments do not agree with calculations by Gregory (2002) and Massi (2013), i.e. one may assume that the super orbital period of the duration  $1667^d$  either changes slowly, or was determined initially with an insufficient precision.

Trushkin S.A.

### FAST VARIABILITY OF OH MASERS IN THE NEBULA W3

The 3-year cycle of observations (32-m radio telescope, Kvasar-KVO, Svetloe) of OH masers in the well-known region of star formation in the W3 nebulae was completed (SAO RAS Report 2012, p. 76). The maximum activity was demonstrated by the region of emission at the radial velocity  $-46.2$  km/s at 1665 MHz in 12.2011-03.2012. After that, this region did not show any activity.

Several flares of OH emission were detected, the most impressive of which occurred on 23.01.2012. At this time the emission intensity increased approximately 7 times during 90 seconds, then fell to the previous level.

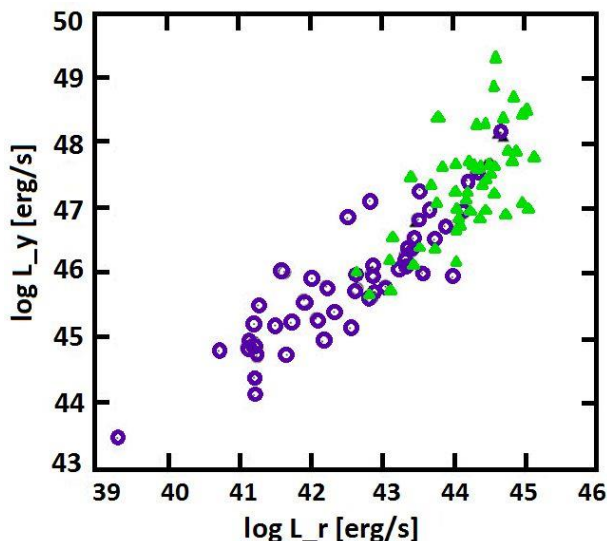
So fast and powerful change of the OH maser signal was never observed. With this characteristic time of signal change, the estimation of linear size of the maser emission region along the line of sight is 0.18 a.u., or, with the spherical symmetry, the angular size is  $0.001''$ . The estimation of the brightness temperature of this detail gives the gain factor of order  $10^8$ .

Gosachinsky I.V., Grenkov S., Ipatov A.V., Rakhimov I.A.



**КОРРЕЛЯЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ БЛАЗАРОВ В ГАММА И РАДИО ДИАПАЗОНАХ**

С использованием данных РАТАН-600 и первого каталога Fermi (1FGL) исследовалась взаимосвязь радиоизлучения с излучением в  $\gamma$ -диапазоне для выборки 123 блазаров - FSRQ (flat spectrum radio quasar) и лацертид (объектов типа BL Lac).



Обнаружена значительная корреляция радиоизлучения на частотах 2.3-4.8 ГГц с  $\gamma$ -излучением в 0.1-1 ГэВ диапазоне для лацертид, в то время как для FSRQ коэффициент корреляции оказался меньше и составил 0.2-0.3 (рис. 50).

Подтверждаются выводы о взаимосвязи излучений в  $\gamma$  и радио диапазонах для блазаров.

*Муфакхаров Т.В., Сотникова Ю.В., Эркенов А.К., Мингалиев М.Г. Астрофиз. бюллетень 69, 283 (2014).*

**МОНИТОРИНГ J0010+1058**

Проведен анализ данных 13-летнего (2000-2013 гг.) мониторинга радиоисточника J0010+1058 (Mrk 1501) на пяти частотах в диапазоне 2.3-21.7 ГГц. Используя автокорреляционные функции, определено среднее характерное время вспышек  $\tau_{acf} \approx 1.55 \pm 0.1$  года, одинаковое на всех пяти частотах.

Это дает линейные размеры излучающей области без учета угла зрения  $R \approx 0.48$  пс (или 0.28 мас) и яркостную температуру  $0.6-6.5 \times 10^{11}$  К на частотах 21.7-2.3 ГГц. На частотах выше 2.3 ГГц существует второе характерное время  $\tau_{acf} \approx 0.6$  года. Кросскорреляционные функции, построенные по всем данным показали среднее время запаздывания вспышек по отношению к частоте 21.7 ГГц на 150, 210, 270 и 390 дней для 11.2, 7.7, 4.8 и 2.3 ГГц, соответственно. Индексы переменности на частотах 2.3-21.7 ГГц составили 0.55, 0.70, 0.77, 0.84 и 0.88.

Зависимость индексов переменности от частоты аппроксимируется параболой с максимумом на 30 ГГц. Зависимость максимального перепада плотности потока за 13 лет от частоты аппроксимируется функцией  $\Delta S_{max} = v^{+0.86}$ . В

**CORRELATION OF BLAZAR EMISSION IN GAMMA-RAYS AND RADIO**

Using RATAN-600 data and the first Fermi catalog (1FGL) the relation between radio and  $\gamma$ -ray emissions was investigated for a sample of 123 blazars – FSRQs (flat spectrum radio quasar) and type BL Lac objects.

*Рис. 50. Наблюдаемая корреляция излучения блазаров в  $\gamma$  и радиодиапазонах (по данным РАТАН-600 и Fermi-LAT). Коэффициент корреляции Спирмана  $\rho=0.88$  при уровне значимости 99%.*

*Fig. 50. The observed correlation of emission of blazars in gamma-rays and radio (from RATAN-600 and Fermi-LAT data). The Spearman correlation coefficient is  $\rho=0.88$  at the significance level 99%.*

A considerable correlation between radio emission at the frequencies 2.3-4.8 GHz and  $\gamma$ -ray emission in the range 0.1-1 GeV was detected for BL Lac objects, whereas for FSRQ the correlation coefficient turned out to be only 0.2-0.3 (Fig. 50).

The conclusion about relation between gamma-ray and radio emissions for blazars is confirmed.

*Mufakharov T.V., Sotnikova Yu.V., Erkenov A.K., Mingaliyev M.G. Astrophys. Bull. 69, 266 (2014).*

**THE MONITORING OF J0010+1058**

Results of the 13-year (2000-2013) monitoring of the radio source J0010+1058 (Mrk 1501) at five frequencies in the range 2.3-21.7 GHz were analyzed. Using the autocorrelation function, the average characteristic time of flares was determined as  $\tau_{acf} \approx 1.55 \pm 0.1$  years, identical in all frequencies. This gives the linear size the emitting region  $R \approx 0.48$  pc (or 0.28 mas) and the brightness temperature  $0.6-6.5 \times 10^{11}$  K and the frequencies 21.7-2.3 GHz.

At the frequencies higher than 2.3 GHz there is the second characteristic time  $\tau_{acf} \approx 0.6$  years.

The cross-correlation functions built by all data showed the average time of flare lag relative to the frequency 21.7 GHz equal to 150, 210, 270 and 390 days for 11.2, 7.7, 4.8 and 2.3 GHz respectively. The variability indexes at the frequencies 2.3-21.7 GHz were equal to 0.55, 0.70, 0.77, 0.84 and 0.88.

The frequency dependence of variability indexes is approximated by parabola with a peak at 30 GHz. The frequency dependence of the maximum difference of flux density during 13 years is approximated by the function  $\Delta S_{max} = v^{+0.86}$ . In the

исследуемом диапазоне не достигается оптически тонкая область спектра ударной волны. Спектры, полученные в разные фазы активности кривой блеска, подтверждают модель развития вспышек соответствующие модели, в которой переменность есть результат эволюции ударной волны в джете радиисточника.

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

range under investigation the optically thin part of the shock wave spectrum is not achieved. Spectra obtained in different phases of activity of light curve confirm the model of flare evolution corresponding to the model in which the variability results from evolution of the shock wave in the radio source jet.

Gorshkov A.G., Konnikova V.K., Mingaliev M.G.

### BLCAT – МНОГОЧАСТОТНЫЙ КАТАЛОГ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ТИПА BL LACERTAE НА РАТАН-600

### BLCAT – A MULTI-FREQUENCY CATALOG OF MEASUREMENTS OF BL LACERTAE TYPE OBJECTS WITH RATAN-600

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

BLcat Edition 1.1, October 2014  
M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova, R.Yu. Udovitskiy, T.V. Mufakharov, E.Nieppola, and A.K. Erkenov

ADS abstract

Column description: 00h–04h 04h–08h 08h–12h 12h–16h 16h–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 ↑ ↓ stat	Source name Alias	Ra (J2000.0) ↑ ↓	Dec (J2000.0) ↑ ↓	Redshift ↑ ↓ stat	Rmag ↑ ↓ stat	Log v <sub>peak</sub> ↑ ↓ stat	Flux density ↑ ↓ stat	SED class ↑ ↓ stat	Blazar type ↑ ↓ stat	Selected type ↑ ↓ stat
1	Data Explorer	16	NRAO 5	00:06:13	-06:23:36	0.347	17.8	12.75	2.286	LSP	FSRQ	RBL
2	Data Explorer	7	MS 0011.7+0837	00:14:19	08:54:04	0.162	15.8	16.74	0.119	HSP	Blazar-un type	XBL
3	Data Explorer	4	PKS 0017+200	00:19:37	20:21:45	-	19.4	13.08	0.836	LSP	BL-Lac	RBL

Рис. 51. Интерактивный веб-интерфейс каталога BLcat.

Fig. 51. The interactive web interface of the catalog BLcat.

На основе многолетних наблюдений на РАТАН-600 создан каталог измерений радиопотока объектов типа BL Lac, отличительной особенностью которого является одновременные измерения на нескольких частотах (1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц). Список объектов и наблюдательный материал по ним постоянно дополняется (рис. 51). Возможно использование BLcat для статистических исследований такого типа активных ядер галактик, включая переменность и эволюцию радиоспектров.

Каталог размещен на <http://www.sao.ru/blcat>.

Мингалиев М.Г., Сотникова Ю.В., Удовицкий Р.Ю., Мухахаров Т.В., Эркенов А.К.

On the basis of long-term RATAN-600 observations a catalog of measurements of radio flux from type BL Lac objects was compiled with a distinctive feature of simultaneous measurements at several frequencies (1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 and 21.7 GHz). The list of objects and their observational data are supplemented regularly (Fig. 51).

One can use BLcat for statistical study of active galactic nuclei of this type, including variability and evolution of radio spectra. The catalog is here: <http://www.sao.ru/blcat>.

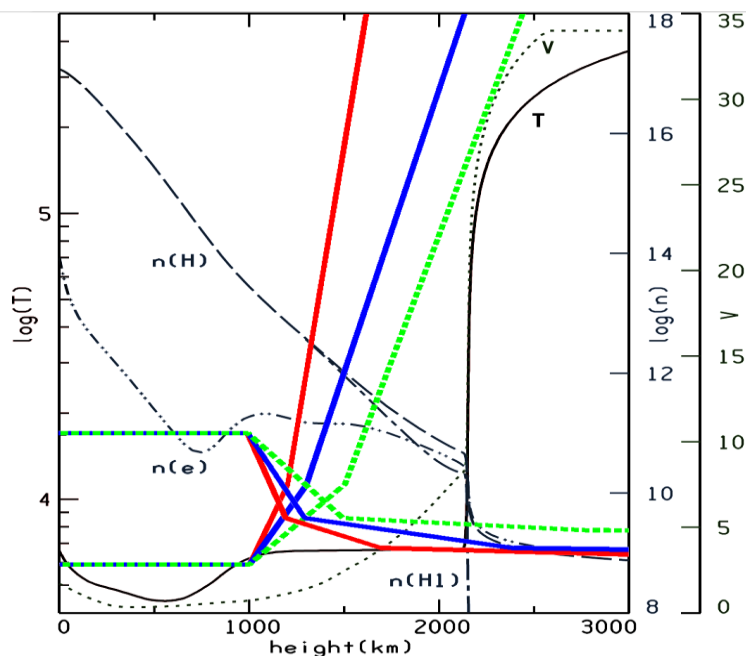
Mingaliev M.G., Sotnikova Yu.V., Udovitsky R.Yu., Mufakharov T.V., Erkenov A.K.

# ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА

# STUDY OF THE SUN

ПАРАМЕТРЫ АТМОСФЕРЫ АКТИВНОЙ  
ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ  
МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ И НАБЛЮДЕНИЙ

ATMOSPHERE PARAMETERS OF AN  
ACTIVE REGION BY COMPARING MODEL  
CALCULATIONS AND OBSERVATIONS



**Рис. 52.** Моделирование трех активных областей. АО 11312 (красные линии): переходная зона 1200-1700 км (толщина 500 км), температура нижней короны  $T = 10^6\text{K}$ ; АО 11899 (синие линии): переходная зона 1300-2400 км (толщина 1100 км),  $T = 1.7 \times 10^6\text{K}$ ; АО 11289 (зеленые линии): переходная зона 1500-2800 км (толщина 1300 км),  $T = 2.2 \times 10^6\text{K}$ .

**Fig. 52.** The modeling of three active regions. AO 11312 (the red lines): the transition zone 1200-1700 km (the thickness 500 km), the temperature of the lower corona  $T = 10^6\text{K}$ ; AO 11899 (the blue lines): the transition zone 1300-2400 km (the thickness 1100 km),  $T = 1.7 \times 10^6\text{K}$ ; AO 11289 (the green lines): the transition zone 1500-2800 km (the thickness 1300 km),  $T = 2.2 \times 10^6\text{K}$ .

С использованием реконструкции нелинейного бессилового магнитного поля, восстановленного по фотосферным наблюдениям (SDO/HMI), рассчитывались модели солнечной атмосферы, в которых в широких пределах варьировались положение и толщина активной области, температура и концентрация электронов в нижней короне. Расчет сравнивался с наблюдениями, и выбирались параметры атмосферы, при которых расчетные сканы и спектры потоков в наибольшей степени соответствуют сканам РАТАН-600. Результаты моделирования показали (рис. 52):

- над активной областью переходная зона начинается на достаточно низких высотах (1200-1500 км) по сравнению со спокойным Солнцем, для которого нижняя граница переходной области 2200-3500 км;
- толщина переходной зоны 500-1300 км, т.е. температура возрастает достаточно плавно по сравнению с моделями атмосферы для спокойного Солнца.

Using reconstruction of a nonlinear force-free magnetic field restored by SDO/HMI observations, we calculated different models of the solar atmosphere in which the location and thickness of the active region, as well as temperature and electron density in the lower corona varied over a wide range. The calculated radio emission was compared with observations, and the atmosphere parameters were chosen at which the computed scans and flux spectra correspond the best to RATAN-600 scans. Results of the modeling have shown the following (Fig. 52):

- over the active region the transition zone begins at a rather low height (1200-1500 km) in comparison with the quiet Sun for which the lower boundary of the transition area is 2200-3500 km;
- the thickness of the transition zone is 500-1300 km, i.e. temperature rises rather smoothly in comparison with atmosphere models for the quiet Sun.

С помощью этого метода подтверждено опускание короны над пятном. Величина опускания зависит от размера пятна и величины магнитного поля. Толщина переходной зоны «хромосфера-корона» имеет размеры от 500 км до 1000 км, что противоречит представлениям об узкой переходной зоне.

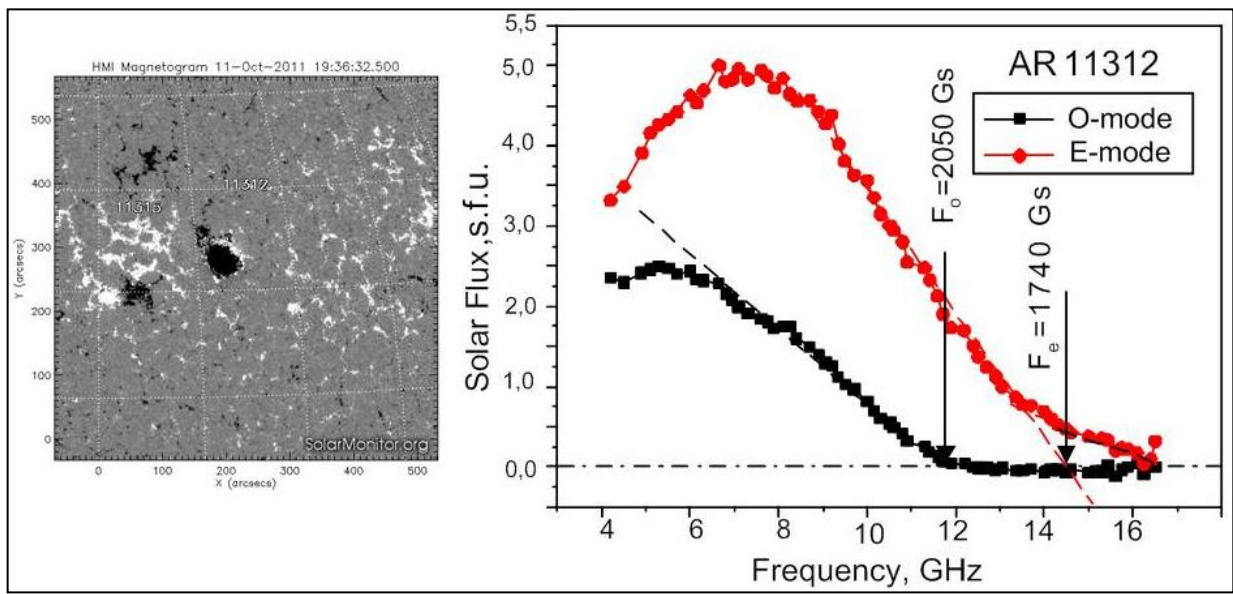
Ступишин А.Г., Богод В.М., Яснов Л.В.

Thus, this method confirmed that corona goes down over a spot. The value of the lowering depends on the spot size and the value of magnetic field. The thickness of the transitional zone «chromosphere-corona» is from 500 to 1000 km, which contradicts to the idea of a narrow transition zone.

Stupishin A.H., Bogod V.M., Yasnov L.V.

### ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПЯТЕН НА ДВУХ ВЫСОТАХ В НИЖНЕЙ КОРОНЕ СОЛНЦА

### MEASUREMENT OF MAGNETIC FIELD OF SPOTS AT TWO HEIGHTS IN THE LOWER CORONA OF THE SUN



**Рис. 53.** Оценки величины магнитного поля по спектрам *o*- и *e*- мод. Фотосферное значение максимального магнитного поля в пятне AR11312 составило  $H = 2300$  Гс. Площадь пятна - 210 мдп (миллионная доля видимой поверхности Солнца). В радио:  $H_{s=3} = 1740$  Гс,  $H_{s=2} = 2050$  Гс.

**Fig. 53.** Magnetic field was estimated from spectra of the *o*- and *e*- modes. The photosphere value of the maximum magnetid field in the spot AR11312 was  $H = 2300$  Gs. The spot area is 210 millionth of the Sun's visible surface. In radio:  $H_{s=3} = 1740$  Gs,  $H_{s=2} = 2050$  Gs.

По спектрально-поляризационным наблюдениям (РАТАН-600) в микроволновом диапазоне волн разработан метод измерения магнитных полей пятен на двух высотах нижней короны Солнца. Для этих целей используются детальные спектры поляризованного излучения обыкновенной моды и необыкновенной моды локального источника над пятном. Регистрируются максимальные значения магнитных полей при проникновении их от слоев с хромосферными температурами в область корональных температур. При этом слои, излучающие обыкновенную моду, располагаются ниже слоев, генерирующих необыкновенную моду. Величины магнитных полей, измеренных в микроволновом диапазоне, в среднем ниже фотосферных значений на 20% для необыкновенной моды и на 10-15 % для обыкновенной моды (рис. 53). Сопоставление с данными фотосферных магнитных измерений дает возможность построения корректной модели магнитосферы над пятном.

Богод В.М., Петерова Н.Г.

From spectral-polarization observations in the microwave range with RATAN-600, a method was developed for measurement of magnetic field of spots at two heights of the lower corona of the Sun. For this purpose one uses detailed spectra of polarized emission of the ordinary mode and extraordinary mode of a local source over a spot.

We register maximum values of magnetic fields when they penetrate from layers with chromosphere temperature to the region of corona temperature.

As this takes place, the layer emitting the ordinary mode are lower than the layers generating the extraordinary mode. The values of magnetic field measured in the microwave range are lower, on the average, than the photospheric values by 20% for the extraordinary mode and by 10-15% for the ordinary mode (Fig. 53). Comparison with data of photospheric magnetic measurements allows us making a correct model of magnetosphere over a spot.

Bogod V.M., Peterova N.G.







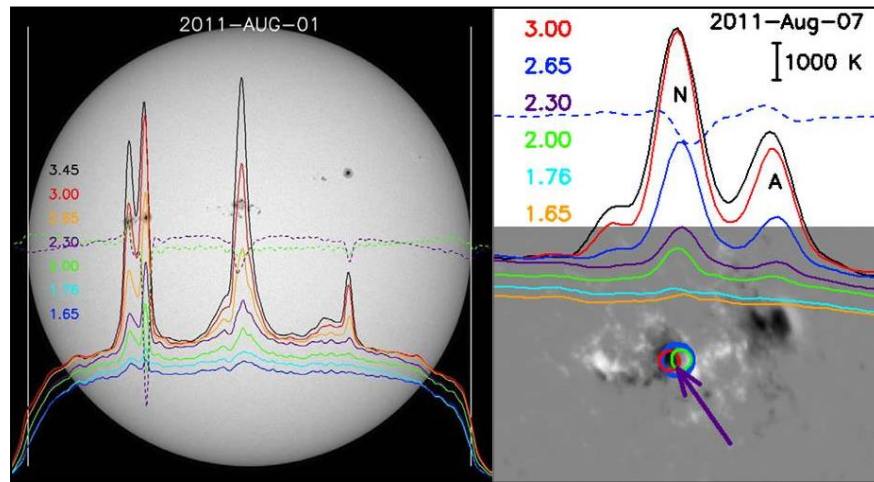
## ПРИЗНАКИ ПОДГОТОВКИ БОЛЬШИХ ВСПЫШЕК

Продолжено выявление особенностей микроволнового излучения активных областей (АО) на Солнце перед большими вспышками (рентгеновского класса выше M5) и анализ магнитографических характеристик АО. Для этого использованы многоволновые спектрально-поляризационные многоазимутальные наблюдения Солнца на РАТАН-600 и данные спутника SDO (рис. 55).

## SIGNS OF PREPARATION TO BIG FLARES

Detection of peculiarities of microwave emission of active regions (AR) in the Sun before big flares (of the X-ray class higher than M5) and analysis of magnetographic characteristics of ARs was continued.

The data of multiwave spectral-polarization multi-azimuth observations of the Sun with RATAN-600 and data of the satellite SDO were used (Fig. 55).



**Рис. 55.** Слева - сканы Солнца (РАТАН-600), наложенные на диск (изображение на  $6173\text{\AA}$  Fe I, SDO/HMI, полученное практически одновременно с радионаблюдениями). Сплошные линии - интенсивность, пунктирные линии - круговая поляризация. Длины волн приведены слева, две вертикальные линии показывают положение оптического диска. Справа - сканы Солнца (РАТАН-600), наложенные на LOS-магнитограмму (SDO/HMI) солнечной вспышки NOAA AR 11263 07.08.2011 ~9:20 UT. Сплошные линии - интенсивность, пунктирная - круговая поляризация на 2.65 см. Синий кружок - положение яркого источника (RHESSI) в диапазоне 6.0 - 12 keV; красный кружок - положение вспышки X6.9 (09.08.2011, 08:05 UT), пересчитанное на 09:20 UT 07.08.2011 с учетом дифференциального вращения Солнца; зеленый кружок - положение источника, полученное при наблюдениях в разных азимутах. Стрелка указывает самый крутой градиент магнитного поля.

**Fig. 55.** Left - the scans of the Sun (RATAN-600) superimposed on the disk (the SDO/HMI image at  $6173\text{\AA}$  Fe I was obtained practically simultaneously with radio observations). The solid lines indicate the intensity, the dotted lines present the circular polarization. The wavelengths are shown on the left, two vertical lines show the location of the optical disk of the Sun. Right - the scans of the Sun (RATAN-600) superimposed on the LOS magnetogram ((SDO/HMI) of the solar flare NOAA AR 11263 at ~9:20 UT on 07.08.2011. The solid lines show Stokes I, the dotted line is the circular polarization at 2.65 cm. The blue circle is the location of the bright source (RHESSI) in the range 6.0 - 12 keV; the red circle is the location of the flare X6.9 (09.08.2011, 08:05 UT) recalculated for 09:20 UT 07.08.2011 with consideration of the differential rotation of the Sun; the green circle is the location of the source obtained when observing in different azimuths. The arrow indicates the most steep gradient of magnetic field.

В дополнение к ранее исследованным эруптивным событиям 2011-2012 гг, выполнен анализ ряда АО, в которых в 2014 г. были зарегистрированы сильные вспышки. Подтверждается прежний вывод о том, что в структуре АО за 1-2 дня до первой мощной вспышки развивается микроволновый источник, отождествленный с местом сближения магнитных полей разной полярности, где в дальнейшем происходит сильная вспышка. На рисунке 56 показан пример развития источника перед вспышкой X1.0 29.03.2014 г. в АО 12017 (источник А). Благодаря многоазимутальным наблюдениям Солнца на

In addition to previously studied eruptive events of 2011-2012, a number of active regions were analyzed in which strong flares were registered in 2014.

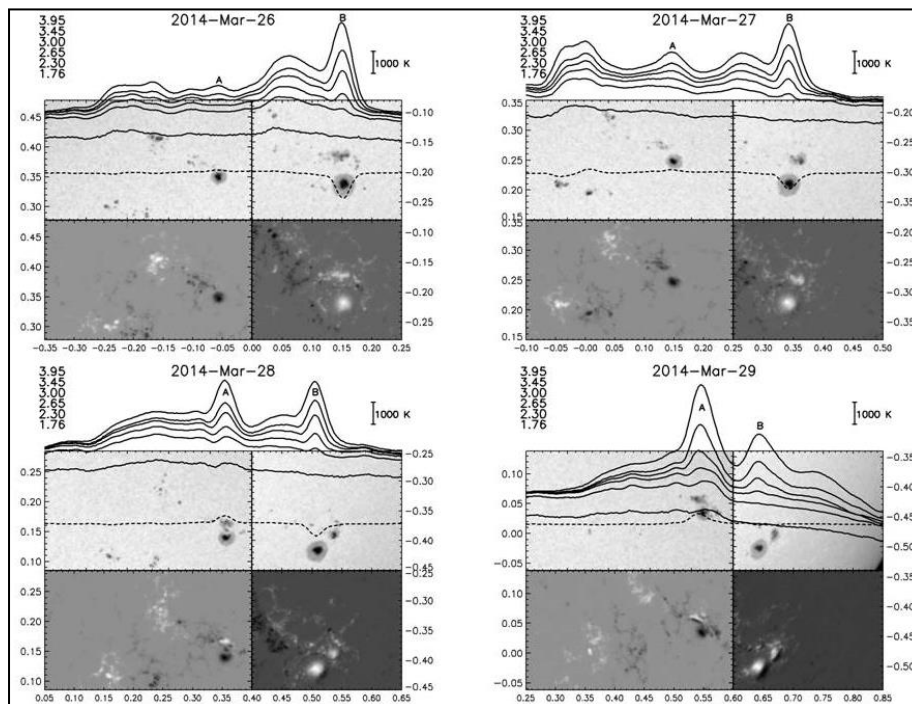
The considered cases confirm the previous conclusion that 1-2 days before a powerful flare in the AR structure a microwave source evolves which is identified with the location where magnetic fields of different polarity approach each other and where a strong flare occurs afterwards. Fig. 56 shows an example of evolution of a source before the flare X1.0 on 29.03.2014 in the AR 12017 (the source A). Due to multi-azimuth observations of the Sun with

РАТАН-600 удалось установить, что в течение нескольких дней перед X-вспышкой наблюдалась корреляция яркости этого микроволнового источника с градиентом магнитного поля АО.

Второе направление работ связано с совершенствованием методики обработки солнечных сканов для более точного определения структуры и параметров радиоисточников над АО, а именно: повышение точности измерения спектров плотности потока источника.

RATAN-600 we managed to establish that during several days before the X-ray flare a correlation between brightness of this microwave source and gradient of magnetic field of the AR was observed.

The second direction of the work is related with improvement of the method of processing solar scans for a more precise determination of structure and parameters of radio sources over ARs, namely, the increase of precision of measurement of flux density spectra of a source.



**Рис. 56.** Сопоставление сканов, полученных на РАТАН-600 26-29 марта 2014 г., с изображениями АО в континууме и магнитограммами. Источнику А соответствует головная часть АО 12017, источнику В – АО 12014. Сплошными линиями показаны сканы интенсивности, штриховой – круговой поляризации на волне 3 см. Вертикальный отрезок показывает масштаб в антенных температурах.

**Fig. 56.** Comparison of scans obtained with RATAN-600 on March 26-29 2014 with images of active regions in continuum and magnetograms. The head of AR 12017 corresponds to the source A, AR 12014 – the source B. The solid lines indicate intensity scans, the dashed line – the scan of circular polarization at the wavelength 3 cm. The vertical segment shows the scale in antenna temperature.

С помощью компьютерного моделирования сделаны оценки калибровочных коэффициентов, связывающих плотность потока источников с интегралами от их антенной температуры. Рассмотрена их зависимость от вида ДН антенны и распределения радиояркости (РРЯ). Показано, что для одного и того же РРЯ коэффициенты в стандартных режимах работы РАТАН-600 не зависят от высоты наблюдений, что объясняется совпадением такой характеристики ДН как интегральная вертикальная диаграмма (ИВД). При наблюдениях в азимутах меняется направление сканирования по отношению к источнику, что приводит к изменению ИВД и калибровочных коэффициентов.

Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тлатов А.Г.

With the help of computer modeling, the calibration factors relating the flux density of sources with integral of their antenna temperature were estimated. The dependence of these factors on the type of the antenna DD and radio brightness distribution (RBD) was considered. It was shown that for one RBD the factors in standard operational modes of RATAN-600 do not depend on the height of observations, which is explained by coincidence of such characteristic of DD as the integral vertical diagram (IVD). When observing in azimuths, the direction of scanning in relation to a source changes, which leads to the change of IVDs and the change of calibration factors.

Abramov-Maksimov V.E., Borovik V.N., Opeikina L.V., Tlatov A.G.