

# РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

# RADIO ASTRONOMY INVESTIGATIONS

## НАБЛЮДЕНИЯ ФОНОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ВСЕЛЕННОЙ

## OBSERVATIONS OF THE UNIVERSE BACKGROUND RADIATION

При создании РАТАН-600 предполагались многочастотные поисковые «слепые» обзоры неба, методика проведения наблюдений для которых значительно сложнее, чем исследование известных радиоисточников по спискам. Два главных проекта связаны с этим методом наблюдений: проект «Большое Трио» (РАТАН-600, VLA, БТА) и «Генетический код Вселенной». В первом проекте проводится исследование объектов предельно высокой светимости в ранней Вселенной, радиогалактик типа FR II. Второй проект связан с космологией и попыткой получить некоторую информацию о ранней Вселенной, включая период, предшествующий формированию барионных структур.

The very original RATAN-600 project suggested multi-frequency deep «blind» surveys of the sky, which are much more difficult than observations of the dedicated list of sources.

Two main projects were connected with such «blind» surveys: the «BIG TRIO» project (RATAN-600, VLA, BTA) and the «Cosmological Gene» project. The first project was connected with observation of the most powerful objects in the Early Universe, FR II type radio galaxies.

The second project attempts to get some information about the Early Universe before formation of baryonic structures.

### НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ «БОЛЬШОГО ТРИО»

### RECENT RESULTS OF THE «BIG TRIO» PROJECT

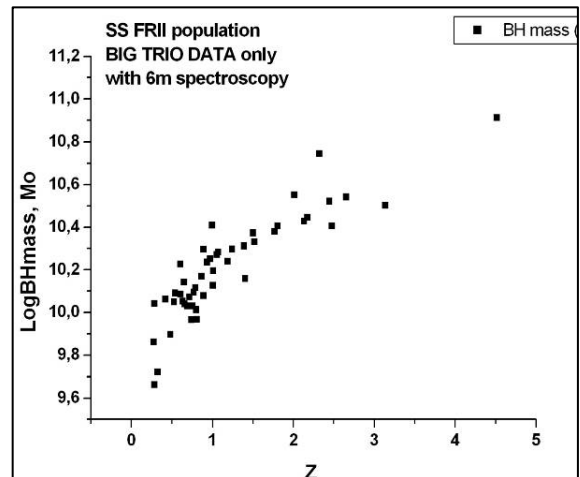
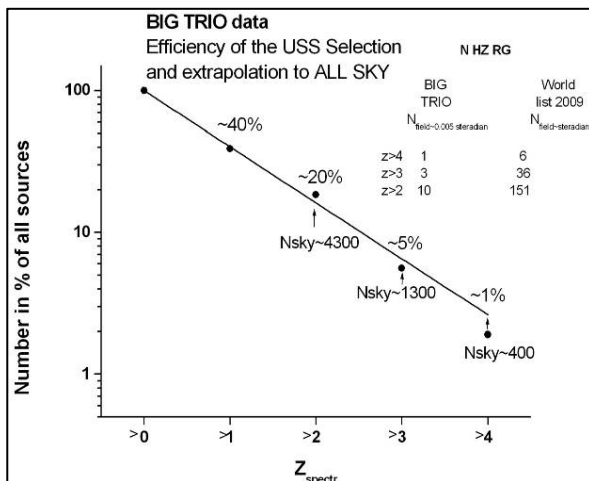


Рис. 53. Слева – галактики с большими красными смещениями из выборки источников с ультракрутыми спектрами (USS) каталога RC и экстраполяция количества таких объектов на всю небесную сферу. Справа – распределение масс сверхмассивных черных дыр в родительских галактиках радиоисточников в зависимости от красного смещения (по результатам наблюдений на РАТАН-600 и БТА).

Fig. 53. Left: galaxies with large redshifts from a sample of sources with ultra steep spectra (USS) from the catalog RC and extrapolation of the number of such objects to the whole celestial sphere. Right: the redshift distribution of supermassive black holes in host galaxies of radio sources (from observations with RATAN-600 and BTA).

Были обработаны все циклы наблюдений эксперимента «Холод» в области неба общей с обзорами SDSS и FIRST. О регистрируемых объектах получена вся возможная информация. Она использовалась для оценки физических параметров источников. Показано, что проникающая сила слепых обзоров на РАТАН-600 достаточна, чтобы регистрировать всю популяцию объектов типа FR II на любых красных смещениях вплоть до эпохи их формирования при возрасте Вселенной ~1 млрд. лет (рис. 53, слева). Обнаружено, что сверхмассивные черные дыры (СМЧД) с рекордными массами более

All observational cycles of the experiment «Cold» in the celestial area common with the surveys SDSS and FIRST were processed. All possible information on registered objects was gathered. It was used to estimate physical parameters of sources.

It was shown that the penetrability of RATAN-600 «Blind Surveys» is sufficient to register the total population of type FR II objects at any red shifts up to the epoch of their formation at the age of the Universe ~1 billion years (Fig. 53, left).

It was discovered that supermassive black holes (SMBH) with record masses of more than  $10^{10} M_{\odot}$

$10^{10}M_{\odot}$  формируются очень быстро после эпохи вторичной ионизации ( $z = 10$ ). Однако масса черных дыр (ЧД) не растет, а падает с возрастом Вселенной (рис. 53, справа). Пока нет теории, объясняющей этот результат.

Один из объектов «Большого Трио», RC J0311+0507, оказался одним из самых интересных в ранней Вселенной. Он имеет рекордную радиосветимость и массу ЧД. Этот источник, возможно, находится в скоплении галактик на красном смещении  $z = 4.514$ . Только эволюция Темной Материи может сформировать скопление в столь раннюю эпоху. В 2010 г этот объект наблюдался многими обсерваториями в радио (MERLIN, EVN, GMRT), оптике (VLT, SUBARU) и в ИК (UKIRT) диапазонах.

Ю.Н. Парийский, П. Томассон (Великобритания),  
О.П. Желенкова, А.И. Копылов, Н.С. Соболева,  
А.В. Темирова.

form very quickly after the epoch of the secondary ionization ( $z = 10$ ). However, the mass of black holes (BH) does not increase but decreases with age of the Universe (Fig. 53, right). No theory can explain this result yet.

The «BIG TRIO» object RC J0311+0507 turned out to be one of the most interesting objects in the Early Universe. It has a record radio luminosity and BH mass. This source is probably located in a galaxy cluster at the red shift  $z = 4.514$ .

Only evolution of Dark Matter can form a cluster at so early epoch.

In 2010 this object was observed by many observatories in radio (MERLIN, EVN, GMRT), optical (VLT, SUBARU) and infrared (UKIRT) ranges.

Yu.N. Parijskij, P. Tomasson (Great Britain),  
O.P. Zhelenkova, A.I. Kopylov, N.S. Soboleva,  
A.V. Temirova.

### РСДБ-НАБЛЮДЕНИЯ RC J1740+0502

### VLBI OBSERVATIONS OF RC J1740+0502

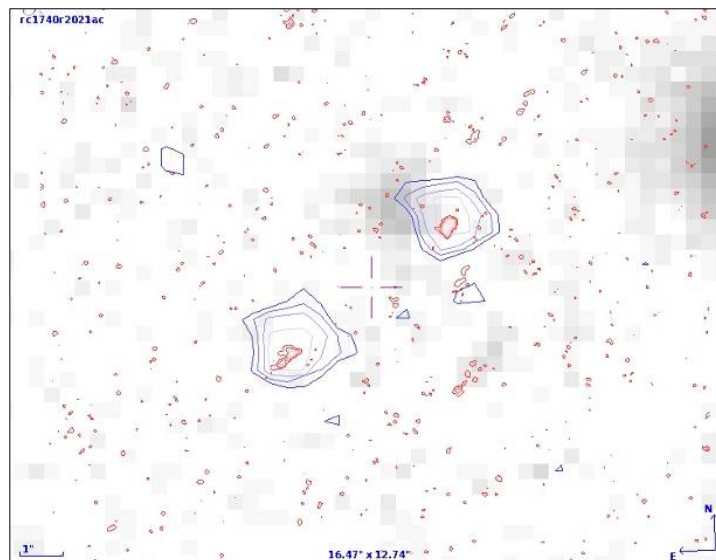


Рис. 54. Полутонное изображение (BTA/SCORPIO) в R-фильтре совмещено с радиокартой (MERLIN), полученной с разрешением  $0.2''$  на 5 ГГц (красные контуры), и картой (VLA) с разрешением  $\sim 1''$  на 8.4 ГГц.

Fig. 54. The half-tone BTA/SCORPIO R-band image is superposed with the MERLIN radio map obtained at 5 GHz with a resolution of  $0.2''$  (red contours) and the 8.4-GHz VLA map of resolution  $\sim 1''$  (blue contours).

Проведены наблюдения (MERLIN, UK) на 5 ГГц радиоисточника RC J1740+0502 из USS-выборки каталога RC, исследовавшегося в проекте «Большое Трио». Ранее по VLA-карте на 8.4 ГГц с разрешением  $\sim 1''$  источник был классифицирован как core-jet и отождествлен с объектом  $22.6^m$  величины в R-фильтре с  $Z=3.57$  (BTA/SCORPIO). РСДБ-карта с угловым разрешением  $\sim 0.2''$  позволила уточнить структуру объекта, которая отнесена теперь к двойным радиоисточникам (рис. 54). Ранее полученное нами отождествление с квазаром теперь становится проблематичным.

Ю.Н. Парийский, П. Томассон (Великобритания),  
О.П. Желенкова, А.И. Копылов, Н.С. Соболева,  
А.В. Темирова.

The radio source RC J1740+0502 from the USS sample of the catalog RC studied in the project «BIG TRIO» was observed at 5 GHz with MERLIN, UK.

Previously, the source was classified from the 8.4-GHz VLA map of resolution  $\sim 1''$  as a core-jet and identified with an object of  $22.6^m$  in the R band (BTA/SCORPIO).

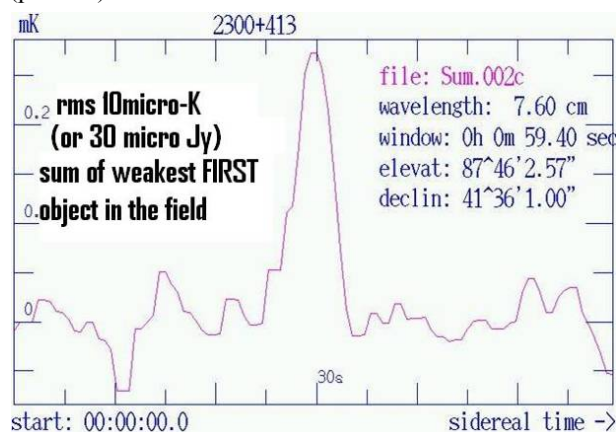
The VLBI map of high angular resolution  $\sim 0.2''$  allowed us specifying structure of the object which is now attributed to double radio sources (Fig. 54). The previously obtained identification with the quasar is now becoming problematic.

Yu.N. Parijskij, P. Tomasson (Great Britain),  
O.P. Zhelenkova, A.I. Kopylov, N.S. Soboleva,  
A.V. Temirova.

**НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ RZF-ОБЗОРА**

Более 10000 NVSS-объектов попадают в поле зрения обзора RZF ( $40.5^\circ < \delta < 42.5^\circ$ ). Впервые для нескольких тысяч из них получены данные по радиоспектрам и оптическим свойствам (SDSS). Все NVSS-объекты с инверсионными спектрами регистрируются в RZF-обзоре. Составлен список источников с ультракороткими спектрами - кандидатов в далекие объекты.

Методом «фамильного портрета» сделаны оценки среднего спектра предельно слабых радиоисточников каталога FIRST, чувствительность которого близка к 0.03 мЯн. Они показали, что эта популяция имеет более плоский спектр, чем средний (рис. 55).



Данные эксперимента ХОЛОД и RZF использованы для поиска «новой популяции» радиоисточников в сантиметровом диапазоне, не зарегистрированных в глубоких обзорах NVSS и FIRST. Показано, что такая популяция действительно существует на суб-миллианном уровне, и, вероятно, связана с объектами малой радио светимости с малыми красными смещениями.

*Ю.Н. Парийский, Н.Н. Бурсов, Н.С. Соболева.*

**ДААННЫЕ ПРОЕКТА «КОСМОЛОГИЧЕСКИЙ ГЕН» ПО ФОНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЯМ НЕБА**

По накопленным в течение года многочастотным данным (РАТАН-600) реализована чувствительность близкая к пределу, накладываемому шумом фоновых радиоисточников (рис. 56). Эти данные позволили получить важный результат по оценке поляризованного шума Галактики. Данные первого года наблюдений миссии WMAP, интерпретируемые как томсоновское рассеяние на газе, ионизированном звездами III поколения на  $z > 10$ , противоречат нашим наблюдениям. После фильтрации шумов от NVSS-объектов с нормальными спектрами мы надеемся достичь чувствительности в оценке  $C_l$ , выше достигнутой в WMAP-обзоре, а возможно и выше миссии PLANCK. Для области пространственного спектра с  $l > 2500$  РАТАН-600 не имеет конкурентов.

С новой большой фокальной матрицей (32 волновода) на частоте 30 ГГц начаты

**RZF DEEP SURVEY RECENT RESULTS**

More than 10000 NVSS objects fall in the field of view of the RZF survey ( $40.5^\circ < \delta < 42.5^\circ$ ). Data on radio spectra and optical properties (SDSS) were obtained for several thousands of them for the first time. All NVSS objects with inverse spectra are registered in the RZF survey. A list of sources with ultra short spectra – candidates to distant objects – was made.

Estimations of the mean spectrum of weakest radio sources of the catalog FIRST were made, using the new «Stacking image» method, sensitive up to 30 micro-Jy. They have shown that spectrum of this population is flatter than the mean one (Fig. 55).

*Рис. 55. Осредненный RZF-скан на  $\lambda 7.6$  см слабых FIRST-источников с плотностью потока  $< 2.6$  мЯн. Их средний спектральный индекс более плоский, чем нормальный. Полагаем, что на таких уровнях потока доминирует популяция галактик с активным звездообразованием.*

*Fig. 55. The averaged 7.6-cm RZF scan of weak sources with flux density less than 2.6 mJy of the FIRST survey. Their average spectral index is flatter than the normal one. We suppose that at such flux densities the population of galaxies with active star forming is prevailing.*

Data of the experiments COLD and RZF were used to search for «a new population» of radio sources in the centimeter range, which were not registered in the deep surveys NVSS and FIRST. It was shown that such a population do exists at a submJy level and it is probably related to objects of low radio luminosity with small red shifts.

*Yu.N. Parijskij, N.N. Bursov, N.S. Soboleva.*

**«COSMOLOGICAL GENE» DATA IN THE BACKGROUNDS SKY RADIATION**

Multi-frequency RATAN-600 data accumulated during 2010 allowed us implementing a sensitivity close to the limit imposed by the noise of background radio sources (Fig. 56) and obtaining an important estimation of the polarized noise of the Galaxy.

Our observations contradict data of the first year of WMAP observations interpreted as the Thomson scattering on gas ionized by stars of the generation III at  $z > 10$ .

After filtering noises from NVSS objects with normal spectra, we hope to achieve a higher sensitivity in estimation of  $C_l$ , than that of the WMAP survey, and, possibly, higher than that of the PLANCK mission. RATAN-600 is ahead of the competition in the range of spatial spectra with  $l > 2500$ .

The study of intensity and polarization of background emissions have been started with a new large focal array

исследования фоновых излучений в интенсивности и поляризации. Были проведены исследования SZ-шума и получены более глубокие данные, чем в известном CBI-эксперименте.

of 32 waveguides at 30 GHz. The SZ noise was studied, and the obtained data are deeper than in the known CBI experiment.

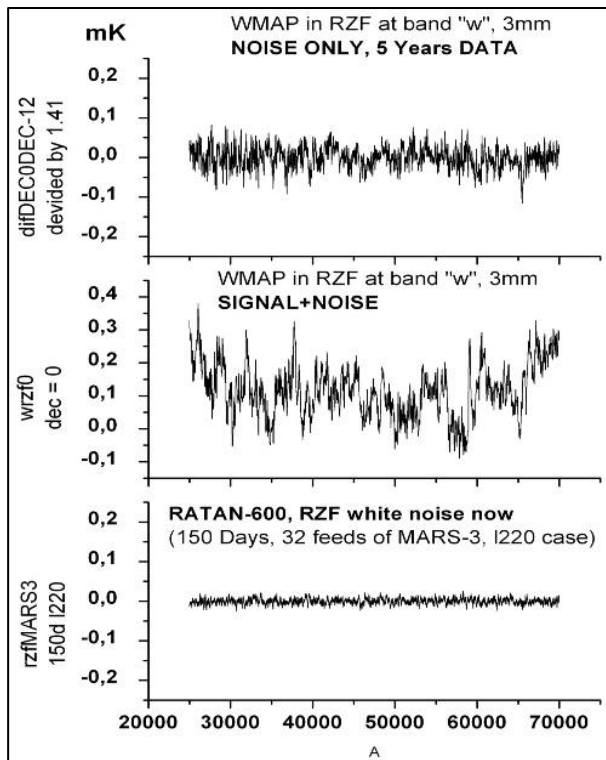


Рис. 56. Данные, полученные с помощью матричной системы MARS-3 для масштаба  $l = 220$  только для белого шума. Этот шум меньше, чем накопленные за 5 лет данные миссии WMAP, из-за существенно большего времени накопления.

Fig. 56. Fig. 4. Accumulated MARS-3 data on the scale  $l = 220$ , the white noise only. This noise is smaller, than that of the 5-year WMAP data due to a much greater integration time.

Эти измерения использовались для оценки наклона пространственного спектра,  $n_s$ , по шуму неба на недоступных миссии PLANCK гармониках с  $l=3000-6000$  (рис. 57). По этим оценкам показано, что есть указания на наличие гравитационного шума эпохи инфляции.

These measurements were used to estimate the slope of the spatial spectrum  $n_s$  from the sky noise at harmonics with  $l \sim 3000-6000$  (Fig. 57), which are inaccessible to the PLANCK mission. From these estimations it was shown that there are signs of presence of a gravitational noise of the inflation epoch.

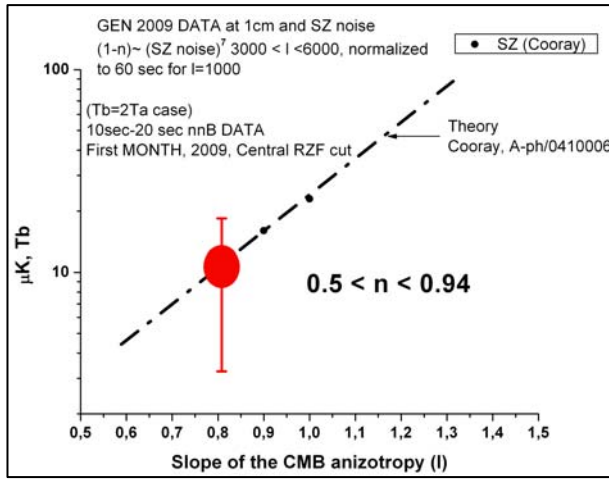
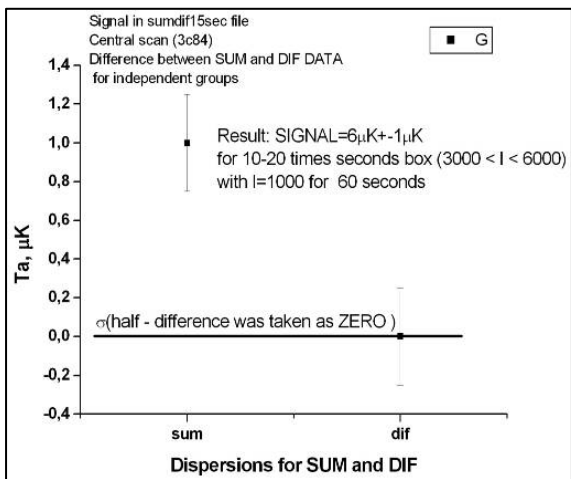


Рис. 57. Слева – первые наблюдения СМВ-анизотропии на масштабе  $l = 3000$ . Приведены дисперсия суммы и разницы между данными, полученными в двух независимых группах наблюдений. Справа – шум на масштабе  $l = 3000$  и оценок для различных величин  $n_s$ . Результаты, полученные на РАТАН-600, предпочтительны для случая  $n_s < 1$ , предлагаемого теорией инфляции (Cooray, A-ph/0410006).

Fig. 57. Left – the first MARS-3 signal from the CMB anisotropy at the  $l = 3000$  scale. Dispersion for sum and difference between data, obtained in two independent groups of observation are shown. Right - noise at  $l = 3000$  scale and prediction for different  $n_s$  value. RATAN-600 data prefer  $n_s < 1$  case, suggested by the inflation theory (Cooray, A-ph/0410006).

Интерес к таким оценкам связан с надеждами на понимание физики Вселенной при энергиях на порядки более высоких, чем получены на ускорителе в ЦЕРНе.

*Ю.Н. Парижский.*

### НОВЫЙ ПОДХОД К РАЗДЕЛЕНИЮ ICL-КОМПОНЕНТ СМВ ПО ДАННЫМ WMAP

Теоретически и моделированием исследован стандартный метод разделения компонент ILC (внутренней линейной комбинации) микроволнового фона в пиксельном пространстве на сфере. Рассмотрены однородные выборки пикселей, у которых отношение сигналов в наблюдательных каналах на разных длинах волн мало изменяется. Для разделения ICL-компонент предложен подход, модифицирующий их в сторону разбиения пикселей на однородные выборки. На моделях продемонстрировано качественное восстановление спектра мощности на фоне искажений у «проблемных» низких мультиполей сигнала на сфере. Применение этого подхода к данным WMAP дало увеличение амплитуды самого «проблемного» из мультиполей - квадруполя. Восстановленный сигнал в амплитуде решает и проблему существования «Оси Зла», которой в данном случае не возникает из-за других фазовых характеристик квадруполя. Этот подход может дать одно и возможных объяснений негауссовости низких мультиполей и использоваться в анализе данных миссии PLANCK.

*О.В. Верходанов, А.Г. Дорошкевич (АКЦ ФИАН) Phys. Review D 83, No.4, 3002 (2010).*

### АНАЛИЗ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТА ALICE LHC

Опробован новый способ анализа данных распределения первичных и вторичных событий в эксперименте ALICE на LHC. Метод использует свойства распределения частиц в полярной системе координат  $(\theta, \varphi)$  и позволяет исследовать пространственные и энергетические свойства зафиксированных частиц. Реализована процедура построения карты для событий ALICE для реальных и смоделированных данных, а также проанализированы спектры мощности, выделены особенности в спектрах для дальнейшего анализа.

*О.В. Верходанов, П.Д. Насельский (Дания), NBI+Alice Collaboration.*

### СПЕКТРАЛЬНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ФЛУКТУАЦИИ СМВ

Методика наблюдений в режиме околуполярного синтеза с неподвижной антенной в сравнительно узкой полосой частот (600 КГц) и с угловым разрешением  $45'' \times 7'$  позволила достичь высокой чувствительности по антенной температуре 0.5 мК на  $\lambda 6$  см. С новым фурье-спектроанализатором мы провели проверочные наблюдения в двух полосках

The interest to estimates of this type is connected with the hope to understand the physics of the Universe at energies which are orders higher than those obtained at the CERN collider.

*Yu.N. Parijskij.*

### A NEW APPROACH TO SEPARATION OF CMB COMPONENTS FROM WMAP DATA

The standard method of separation of inner linear combination (ILC) components of CMB was investigated theoretically and by modeling in the pixel space on sphere.

We considered homogeneous samples of pixels with small alterations in observational channels at different wavelengths. To separate ILC components an approach was proposed which modifies them towards splitting of pixels into uniform samples.

The models showed a high-quality recovery of the power spectrum against the background of distortions in «problem» low multipoles of the signal on the sphere.

Application of this approach to WMAP data resulted in amplitude increase of the most «problem» multipole – the quadrupole. The restored signal in amplitude solves also the problem of «the Axis of Evil» which does not appear in this case because of other phase characteristics of the quadrupole.

This approach can give a possible explanation of non-gaussianity of low quadrupoles and be used in analysis of the PLANCK data.

*O.V. Verkhodanov, A.G. Doroshkevich (ASC LPI), Phys. Review D 83, No.4, 3002 (2010).*

### ANALYSING DATA OF THE LHC EXPERIMENT ALICE

A new method of analysis of distribution of primary and secondary events in the LHC experiment ALICE was tested. The method is based on properties of distribution of particles in the polar coordinate system  $(\theta, \varphi)$  and it permits studying spatial and energetic properties of fixed particles.

The procedure of mapping of ALICE events was implemented for real and model data; power spectra were analyzed; spectral features were selected for further analysis.

*O.V. Verkhodanov, P.D. Nasel'sky (Denmark), NBI+Alice Collaboration.*

### SPATIAL-SPECTRAL FLUCTUATIONS OF CMB

The method of observations in the mode of circumpolar synthesis with fixed antenna in a relatively narrow frequency band (600 KHz) with an angular resolution of  $45'' \times 7'$  allowed us achieving a high sensitivity in antenna temperature of 0.5 mK at  $\lambda 6$  cm.

With the new Fourier spectrum analyzer we carried out test observations in two strips near the celestial pole,



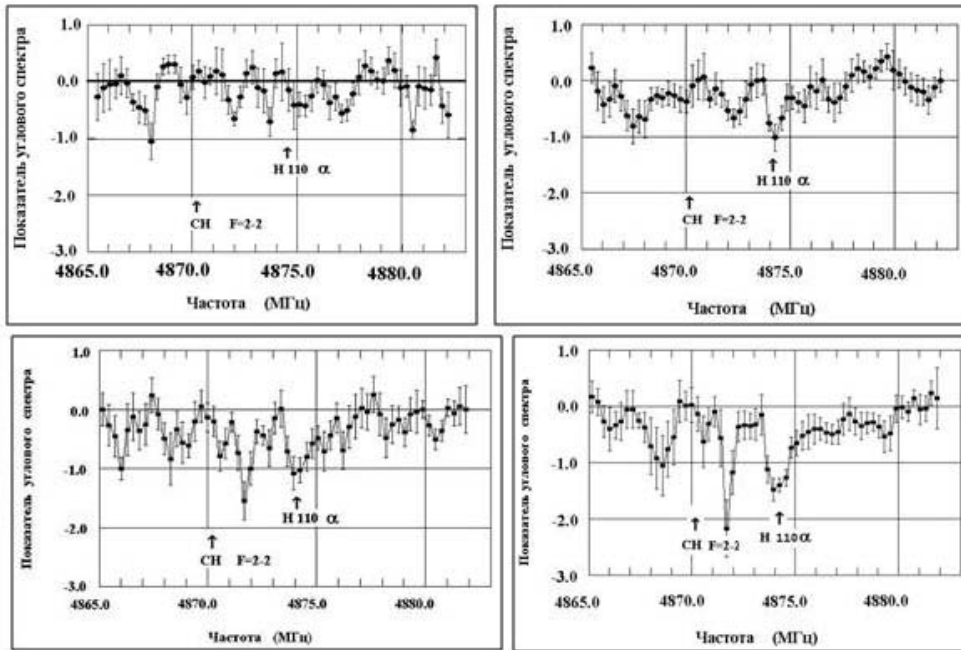


Рис. 58. Зависимость показателя пространственного спектра на масштабе 4'-16' на частотах 4865-4882 МГц. Верхний ряд: слева - в полоске №1 для наблюдений в октябре 2007 г. (среднее по 22 измерениям); справа - для наблюдений в октябре-ноябре 2008 г. (среднее по 15 измерениям). Нижний ряд: слева - в полоске №2 (среднее по 22 измерениям); справа - в полоске №2 (среднее из 18 измерений).

Fig. 58. Relations of indexes of spatial spectra on the scale 4'-16' at the frequencies 4865-4882 MHz. The top row: left - in band 1 for observations in October 2007 (average of 22 observations); right - for observations in October-November 2008 (average of 15 measurements). The bottom row: left - in band 2 (average of 22 measurements); right - in band 2 (average of 18 measurements).

около полюса мира, подтвердившие частотную структуру и степенной характер пространственных спектров на масштабах 4'-16' (рис. 58).

Показано, что случайно попавшая в полосу обзора галактическая радиолния СН ( $\Lambda$ -удвоение вращательного перехода) не имеет отношения к полученным спектрам, поскольку структура спектров в двух основных линиях  $\Lambda$ -удвоения совершенно различна, а мазерного усиления в линии СН практически нет (рис. 59).

which confirmed the frequency structure and power-law character of spatial spectra on the scale 4'-16' (Fig. 58).

It was shown that the galactic radio line СН ( $\Lambda$ -duplication of rotational transition) that fell occasionally to the survey band is not related to the obtained spectra since the spectra structure in two main lines of  $\Lambda$ -duplication is quite different, and there is practically no maser amplification in the line СН (Fig. 59).

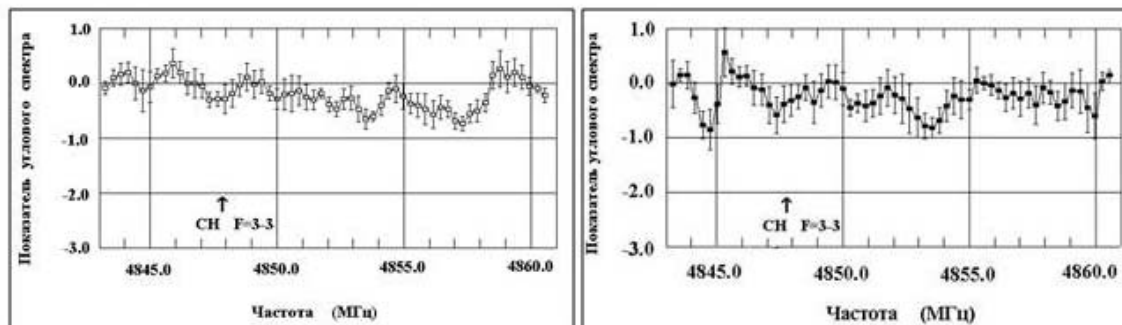


Рис. 59. Показатель пространственного спектра на радиочастотах 4843-4861 МГц, что соответствует второй главной линии  $\Lambda$ -удвоения вращательного перехода молекулы СН. Слева - в полоске №2 на наблюдениям в мае 2010 г. (среднее из 16 измерений); справа - в октябре 2010 г. (среднее из 8 измерений).

Fig. 59. Index of spatial spectra at the radio frequencies 4843-4861 MHz, which corresponds to the second main line of  $\Lambda$ -duplication of rotational transition of the molecule СН. Left - in band 2 from observations in May 2010 (average of 16 measurements); right - in October 2010 (average of 8 measurements).

Линия H110 $\alpha$  является вполне реальной и возникает в разреженном ионизованном водороде на сравнительно высоких галактических широтах. Другие детали пространственных спектров представляются нам также вполне реальными, хотя интерпретация их непонятна и требует дополнительных исследований.

*И.В. Госачинский, А.П. Венгер, В.К. Дубрович.*

### ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ

Исследована гипотеза о случайности распределения на небе положений гамма-всплесков (GRB). Если эти события связаны с массивными галактиками, спиральными либо эллиптическими, т.е. с областями звездообразования, то их расположение могло быть связано с крупномасштабной структурой, что, в свою очередь, могло бы найти отражение в распределении флуктуаций микроволнового фона (СМВ) на сфере. Мы проверили гипотезу корреляционным мозаичным картографированием распределений СМВ пиков и положения GRB и обнаружили корреляцию между распределениями этих сигналов. Этот результат можно объяснить возможными систематическими эффектами как в распределении всплесков в каталогах BATSE и BeppoSAX, так и особенностями в наблюдениях СМВ в точке L2.

*О.В. Верходанов, В.В. Соколов, М.Л. Хабибуллина, С.В. Карпов. Астрофиз. бюл., 65, 238 (2010).*

### СВОЙСТВА РАДИОГАЛАКТИК С $Z > 0.3$ ПО ДАННЫМ КОМПИЛЯТИВНОГО КАТАЛОГА

Для 2442 радиогалактик с  $z > 0.3$  из компилятивного каталога, подготовленного по данным NED, SDSS и CATS, мы измерили величину флуктуации сигнала СМВ по данным карты ILC релиза WMAP7. Обнаружено ослабление средней величины сигнала в зонах радиогалактик. По величине флуктуаций СМВ в этих зонах оценен диполь. Его амплитуда оказалась ниже уровня шума, определяемого по данным моделирования, таким образом, отвергнута гипотеза о существовании «темного потока» во Вселенной в распределении материи, гипотетически проявляющегося в данных СМВ WMAP.

По данным оптического и радио диапазонов для этих же радиогалактик построено соотношение «масса центральной ЧД-красное смещение». Рассмотрены систематические эффекты, влияющие на оценки параметров. Рассчитаны огибающие кубические регрессии, построенные по максимумам оценок масс черных дыр. Кривые в разных диапазонах показывают схожее поведение. Они имеют очень близкий пик по положению  $z_p \approx 1.9$  и по амплитуде  $\log M_p^{\text{bh}} = 9.4$ . Этот результат согласуется с моделью саморегулирующегося роста СМЧД, когда наступает фаза окончания аккреционного потока и активность AGN падает.

*М.Л. Хабибуллина, О.В. Верходанов. АЖ, 88, 333 (2010).*

The line H110 $\alpha$  is quite real and it emerges in the rarefied ionized hydrogen at relatively high galactic latitudes.

Other details of spatial spectra also seem quite real, though their interpretation is not clear and demands additional investigation.

*I.V. Gosachinskij, A.P. Venger, V.K. Dubrovich.*

### SPATIAL DISTRIBUTION OF GAMMA-RAY BURSTS

A hypothesis of random distribution of gamma-ray bursts (GRBs) over the sky was studied. If GRB events are related to massive spiral or elliptic galaxies, i.e. with star forming regions, then their distribution could be connected with the large-scale structure, which, in turn, could be reflected in distribution of cosmic microwave background (CMB) fluctuations on the sphere.

We have tested the hypothesis by correlation mosaic mapping of CMB peak distribution and GRB locations and discovered a correlation between distributions of these signals. This result could be explained by systematic effects in GRB distribution in the catalogs BATSE and BeppoSAX, and by features in observations of CMB in the point L2.

*O.V. Verkhodanov, V.V. Sokolov, M.L. Khabibullina, S.V. Karпов, Astrophys. Bull., 65, 238 (2010).*

### PROPERTIES OF RADIO GALAXIES WITH $Z > 0.3$ FROM DATA OF A COMPILED CATALOG

We have measured CMB fluctuations by the ILC map of the WMAP7 release for 2442 radio galaxies with  $z > 0.3$  from a catalog compiled from NED, SDSS and CATS data.

A decay of the average signal in the regions of radio galaxies was discovered. Besides, from the value of CMB fluctuations in areas of objects of the catalog the dipole was estimated. Its amplitude is lower than the noise level determined by modeling. Thus, the hypothesis of existence of «a dark flux» in the Universe in distribution of matter which is supposedly revealed in CMB WMAP data is rejected.

From optical and radio data of the same radio galaxies we built the relation «central black-hole mass – redshift». Features of systematic effects affecting the parameter estimations were considered. Enveloping cubic regressions built from maximal estimations of black-hole masses were calculated.

Curves in different ranges exhibit similar behavior. They have a very close peak in location  $z_p \approx 1.9$  and amplitude  $\log M_p^{\text{bh}} = 9.4$ .

This result agrees with the model of a self-regulating growth of supermassive black holes when the final phase of accreting flux begins and AGN activity falls.

*M.L. Khabibullina, O.V. Verkhodanov. AZh, 88, 333 (2010).*

## МНОГОВОЛНОВЫЕ МИКРОКВАЗАРОВ

## МОНИТОРИНГ

## MULTI-BAND STUDIES OF MICROQUASARS

Часто галактические рентгеновские двойные звезды (РДЗ) характеризуются транзитным радиоизлучением, которое тесно связано с явлением струйных выбросов аккрецирующего вещества из окрестностей массивных и сверхмассивных черных дыр в РДЗ и АЯГ. В последних исследованиях микроквazarов на основе многоволновых данных обнаружена важнейшая фундаментальная зависимость - степенной закон на плоскости «радиосветимость струй-рентгеновская светимость» для разнообразных объектов с аккрецирующими черными дырами.

Galactic X-ray binaries (XRB) are often characterized by transient radio emission. Processes responsible for powerful radio emission are closely related with phenomenon of jets – massive relativistic ejections of matter in narrow collimated beams from regions around black holes in XRBs and AGNs. In recent studies of microquasars based on compiled data the important dependence was detected, namely, a power-law on the plane «radio jet luminosity – X-ray luminosity» for various objects with accreting black holes.

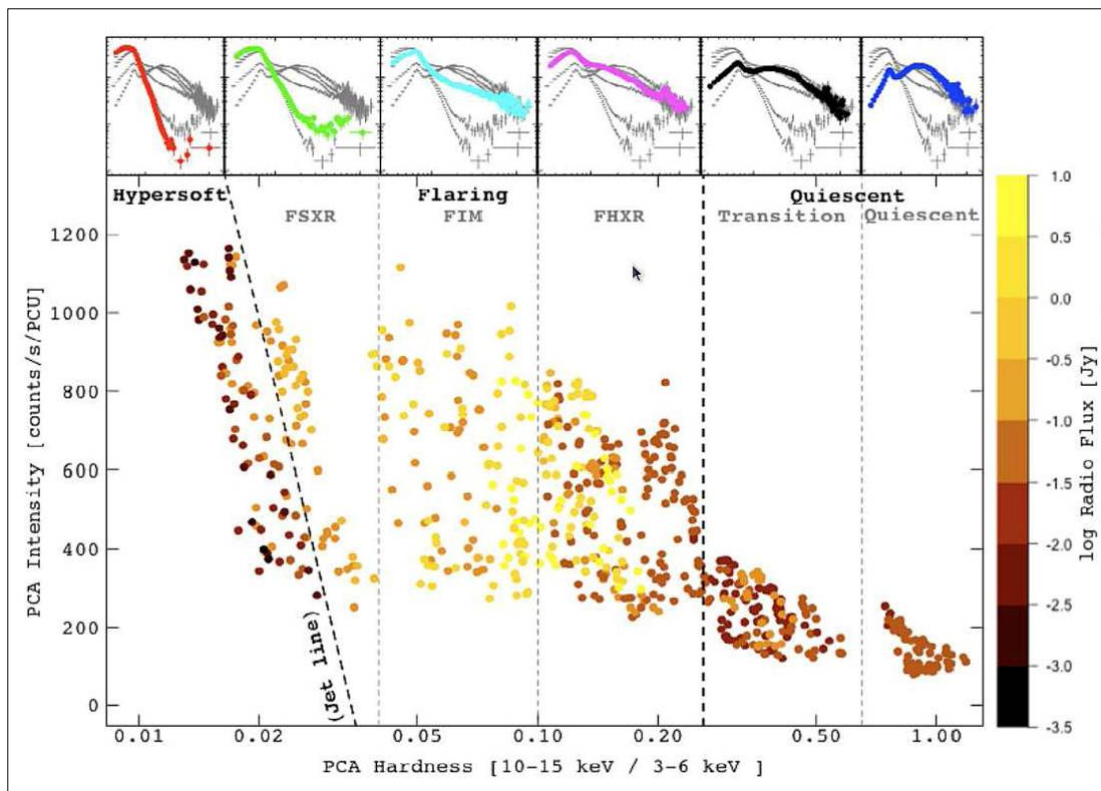


Рис. 60. Диаграмма «жесткость – интенсивность» микроквзара Лебедь X-3 (RXTE/PCA). Каждая точка на графике окрашена цветом, в соответствии с радиопотоком в данный момент. Шкала радиопотоков приведена справа. Сверху показаны шесть рентгеновских спектров, соответствующих шести состояниям рентгеновской активности. Именно переход из «сверхмягкого» состояния приводит к ярким радиовспышкам.

Fig. 60. Diagram «hardness – intensity» of the microquasar Cyg X-3 (RXTE/PCA). Each point on the plot has a color corresponding to radio flux in the moment. The flux scale is given on the right. On the top six X-ray spectra corresponding to six states of X-ray activity are given. The transit from «hypersoft» state actuates the bright radio flares.

Второй выявленной зависимостью стала гистерезисная зависимость эволюции мягкого рентгеновского излучения – диаграмма «жесткость – светимость» (HID). Именно вдоль этой диаграммы меняются свойства многих рентгеновских двойных систем и выявлена зона формирования радиоджета (Фендер и др. 2006). Такую диаграмму можно построить и для активных ядер галактик и квазаров. После обнаружения излучения Лебедь X-3 в диапазоне выше 100 МэВ (Тавани и др. 2009, Отчет

The second detected dependence is the hysteresis plot of the soft X-ray radiation – «Hardness-Intensity Diagram» (HID).

X-ray emission properties of many XRBs change just along this diagram. The zone of jet formation was found on the HID (Fender et al. 2006). Moreover, such a universal diagram could be plotted for active galactic nuclei and quasars.

After detection of Cygnus X-3 in gamma-rays higher 100 MeV (Tavani et al. 2009, SAO Report 2009, p. 94)



САО РАН 2009, с. 94) на основании новых данных (Bulgarelli et al., 2011) подтверждена транзистентная природа ускорения частиц. Повторные вспышки в гамма-лучах показали явную корреляцию с рентгеновским и радио диапазонами.

Впервые на основе около 140 архивных данных по мягкому рентгеновскому излучению (RXTE/PCA) и одновременных наблюдений в радиодиапазоне (PATAN и телескоп Райла) была исследована диаграмма «жесткость – светимость» для Cyg X-3. Хотя диаграмма не повторяет HID для GX339-4, GSR1915+105 и др., в целом электромагнитное излучение Cyg X-3 подчиняется четким закономерностям, впервые выявленными на ней (рис. 60). Так, удалось определить эволюционные треки излучения и выделить шесть состояний рентгеновской активности, причем одно из них – «сверхмягкое» было выделено впервые. Именно переход через это состояние приводит к формированию интенсивных выбросов вещества, струй, в которых идет генерация мощного радиоизлучения, в сотни и даже тысячу раз превышающее спокойный уровень.

Так как природа Лебеда X-3 до сих пор не определена окончательно, то струйная структура и сходное поведение на диаграмме HID косвенно указывает на связь физической природы Лебеда X-3 с рентгеновскими двойными, в состав которых определенно входят черные дыры.

*С.А. Трушкин.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОСПЕКТРОВ И ПЕРЕМЕННОСТИ GPS-ИСТОЧНИКОВ

В результате 5-летнего мониторинга 123 GPS-кандидатов уверенно выделено 33 GPS-источника (Gigahertz Peaked Spectrum). Исследование проводилось на частотах 1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц. Обнаружено статистически значимое (99.5%) отличие среднего спектрального индекса оптической тонкой части спектра для галактик ( $-0.93 \pm 0.07$ ) и квазаров ( $-0.70 \pm 0.04$ ). Это указывает на более крутое падение в распределении электронов по энергиям ( $dN(E)=kE^{-\gamma}dE$ ) для GPS-галактик, чем для GPS-квазаров – разность показателя степени порядка 0.46. Возможная интерпретация этого факта в рамках одной и той же модели GPS-источников: (а) наблюдаемая выборка галактик, если рассматривать собственный возраст, старше выборки квазаров, и укрупнение их энергетического спектра связано с дополнительными по отношению к квазарам возрастными потерями энергии на излучение; (б) собственные возрасты выборок квазаров и галактик примерно одинаковы, а наблюдаемое отличие в  $\gamma$  связано с тем, что галактики в выборке появились позже квазаров, чем квазары на близких красных смещениях, то есть существует космологическое отличие в энергетических спектрах электронов.

В выборке достаточно источников (рис. 61) с узкими спектрами ( $FWHM \leq 1.2$  декад частоты). Самые

based on new flare data (Bulgarelli et al., 2011), the transient nature of acceleration of relativistic electrons was confirmed. Repeated gamma-ray flares show clear correlations with radio flares and X-ray fluxes.

Based on nearly 140 archive data from RXTE PCA in soft X-ray band and simultaneous radio observations (RATAN-600 and the Ryle telescope) the Hardness-Intensity Diagram was studied for Cyg X-3.

Though it cannot be said that this HID is absolutely identical to that of GX339-4, GSR1915+105 and others, electro-magnetic emission of Cyg X-3 generally follows the clear repeated features detected in the HID for the first time (Fig. 60).

So, we determined evolution tracks of X-ray emission and defined six states of X-ray activity including the «supersoft» state which was detected for the first time. It is the transition through this state that leads to formation of intensive ejection of matter – jets – which generates powerful radio emission exceeding the quiet level hundreds or even thousands of times.

The nature of Cyg X-3 is not determined finally to date, but the jet structure and similar behavior on HID attest indirectly to a relation between the physical nature of Cyg X-3 and X-ray binaries which undoubtedly include black holes.

*S.A. Trushkin.*

### MULTIFREQUENCY STUDY OF GHZ-PEAKED SPECTRUM SOURCES AND CANDIDATES

The 5-year monitoring of 123 sources resulted in reliable detection of 33 GPS (Gigahertz Peaked Spectrum) sources. The observations were carried out at six frequencies: 1.1, 2.3, 4.8, 7.7, 11.2 and 21.7 GHz. GPS galaxies demonstrate a steeper spectral index in optically thin part of the spectra (99.5%) ( $-0.93 \pm 0.07$ ), which is considerably less than for quasars ( $-0.70 \pm 0.04$ ). This can mean that the electron energy distribution for GPS galaxies is steeper than for GPS quasars. The mean value of  $\gamma$  index of electron energy spectra in the formula  $dN(E)=kE^{-\gamma}dE$  is 0.46 larger for galaxies than for quasars. Within the framework of a common model of GPS sources, this fact can be interpreted in the following ways: (a) the observed sample of galaxies (their proper age) is older than the quasar sample (the proper age of quasars); the steepening of their energy spectra is related to additional age losses of energy for radiation;

(b) the proper ages of quasar and galaxy samples are approximately identical, but the observed difference in  $\gamma$  is related to the fact that the galaxies in the observed sample were born later than quasars at small redshift, i.e. there is a cosmological difference in energy spectra of electrons.

The sample contains a sufficient number of sources (Fig. 61) with narrow spectra ( $FWHM \leq 1.2$  decades of

узкие спектры оказались как у источников с большим  $z$  ( $z \geq 1.8$ ), так и у источников с малыми  $z$  ( $0.02 \leq z \leq 0.7$ , FWHM~0.9).

frequency). The narrowest radio spectra correspond to both ultra-high- $z$  ( $z \geq 1.8$ ) and low- $z$  ( $0.02 \leq z \leq 0.7$ , FWHM~0.9) convex spectrum radio sources.

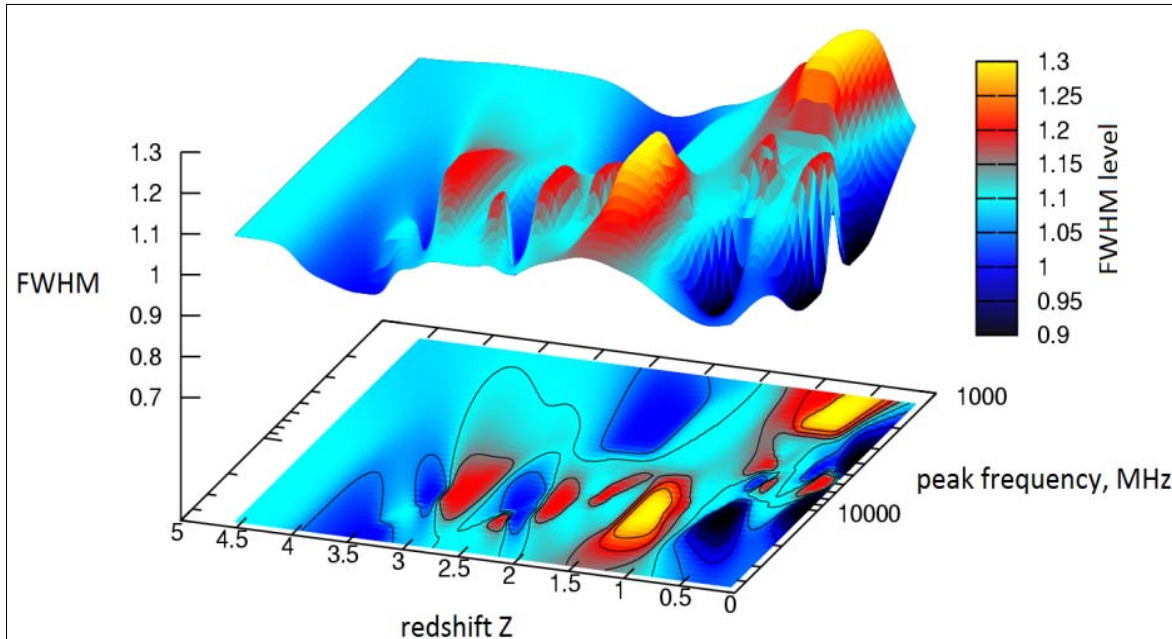


Рис 61. Отношение «красное смещение – пиковая частота – FWHM» для источников с  $FWHM \leq 1.3$ ; пиковая частота дана в системе отсчета источника.

Fig. 61. The relation «redshift – peak frequency – FWHM» for sources with  $FWHM \leq 1.3$ . Peak frequency is given in the source frame of reference.

Обнаружено, что большинство квазаров быстрее выбывают из списка GPS-кандидатов как переменные радиоисточники с временно инвертированным плоским спектром.

В результате одновременных наблюдений (Planck, 30-857 ГГц; РАТАН-600, 1-22 ГГц) в 2009-2010 гг. получены экспериментальные кривые спектрального распределения энергии (SED) для ряда квазаров исследуемого списка. Физическая интерпретация указывает на присутствие одно и/или двухкомпонентной структуры SED для GPS-квазаров.

*М.Г. Мингалиев, Ю.В. Сотникова, А.К. Эркенов, И. Торниainen и М. Торникоски (Финляндия).*

The majority of quasars «leaves» the list of candidates to GPS as variable flat spectrum radio sources with temporarily inverted spectrum.

Simultaneous observations with Planck (30-857 GHz) and RATAN-600 (1-22 GHz) in 2009-2010 resulted in experimental curves of spectral energy distribution (SED) for some quasars of the list. Physical interpretation of experimental curves attests to the presence of one and-or two-component SED structure for GPS-quasars.

*M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova, A.K. Erkenov, I. Tornainen and M. Tornikoski (Finland).*

## ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА В РАДИОДИАПАЗОНЕ

### ОБНАРУЖЕНИЕ НА СОЛНЦЕ ИСТОЧНИКОВ ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С НЕОБЫЧНЫМИ СПЕКТРАЛЬНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

С помощью спектрально-поляризационного комплекса с высоким спектральным разрешением при исследовании активных областей с мощными вспышками были обнаружены источники с необычными спектральными особенностями в виде резкого уменьшения интенсивности поляризованного излучения в различных частях диапазона (2-16 ГГц), иногда переходящие в смену

## STUDY OF THE SUN IN THE RADIO RANGE

### DETECTION OF SOURCES OF POLARIZED EMISSION WITH UNUSUAL SPECTRAL FEATURES ON THE SUN

When studying active regions generating powerful flares with the RATAN-600 wide-range spectral-polarization complex of high spectral resolution, we discovered sources with unusual spectral features in the form of a sharp fall of intensity of polarized emission in different parts of the registered frequency range (2-16 GHz), which sometimes passes to alteration of the polarization sign.

знака поляризации. Моделирование явления указывает (рис. 62) на наличие горячей корональной петли на высотах около 10 Мм, достаточно больших по сравнению с высотой переходной области около 2-5 Мм.

The modeling of the phenomenon (Fig. 62) testifies the presence of a hot corona loop at a height of about 10 Mm which is rather large in comparison with a transition zone height of about 2-5 Mm.

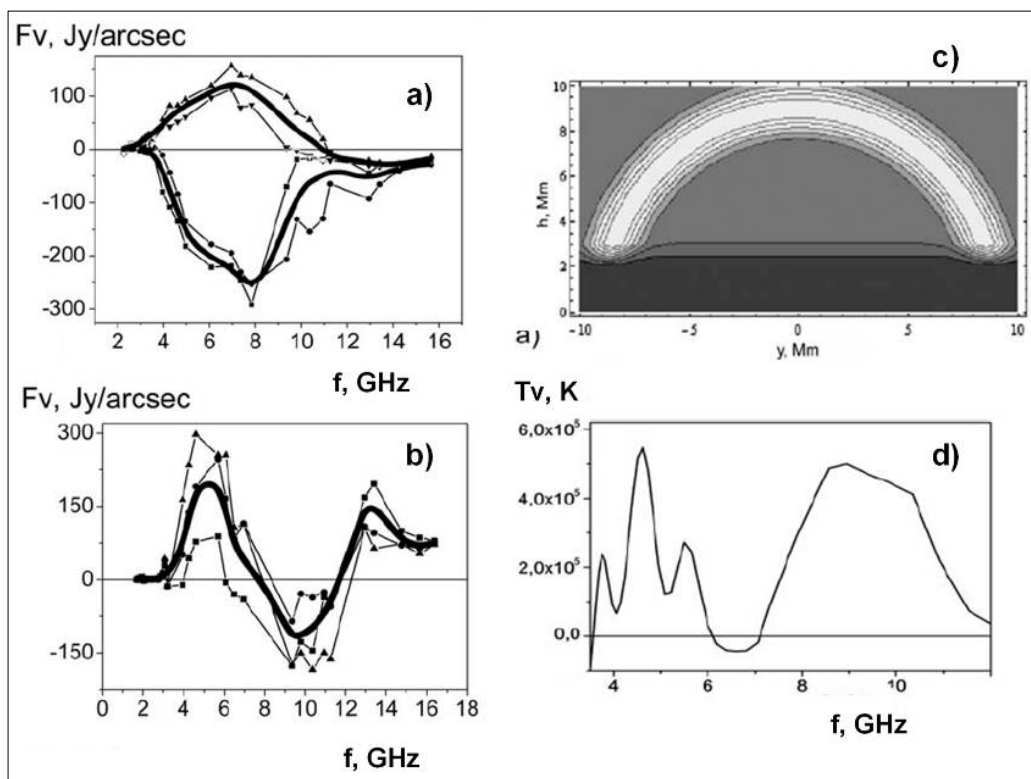


Рис. 62. а) - спектры поляризации для стабильной активной области; б) - спектры поляризации для вспыхивающей активной области; в) - принятая модель горячей плазменной петли; д) - модельные спектры активной области с горячей петлей.

Fig. 62. a) polarization spectra for the stable active region; b) polarization spectra for the active flare region; c) the accepted model of the hot plasma loop; d) model spectra of the active region with the hot loop.

Для ряда активных областей получены параметры этого горячего образования - напряженность магнитного поля (360-450 Гс) и произведение относительного градиента магнитного поля на размер (0.26-0.63).

*Л.В Яснов (СПбГУ), Т.И. Кальтман, В.М. Богод. AstRep, 55, 82 (2011).*

For a number of active regions we obtained parameters of this hot formation – magnetic intensity (360-450 Gs) and product of a relative gradient of magnetic field by its size (0.26-0.63).

*L.V. Yasnov (St-Petersburg State University), T.I. Kaltman, V.M. Bogod. AstRep, 55, 82 (2011).*

**РАСЧЕТ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА ОСНОВЕ РЕКОНСТРУИРОВАННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ И СРАВНЕНИЕ С НАБЛЮДЕНИЯМИ**

Исследованы корональные магнитные поля солнечных активных областей по наблюдениям РАТАН-600. Разработана методика реконструкции магнитного поля в корональной области по экстраполяции фотосферных наблюдений магнитного поля на основе бессилового нелинейного приближения. Магнитные поля восстанавливаются на основе данных SOHO (инструмент MDI).

Исходя из трехмерного реконструированного магнитного поля и упрощенных модельных распределений электронной концентрации и

**COMPUTATION OF RADIO EMISSION OF ACTIVE REGIONS ON THE BASIS OF RECONSTRUCTED MAGNETIC FIELD AND COMPARISON WITH OBSERVATION DATA**

Corona magnetic fields of solar active regions were studied from observations with RATAN-600. The method of reconstruction of magnetic field in corona from extrapolation of photosphere observations of magnetic field on the basis of forceless non-linear approximation was developed.

Magnetic fields were reconstructed on the basis of SOHO data (the MDI device).

Proceeding from the 3D-reconstructed magnetic field and simplified model distributions of electron concentration and kinetic temperature, the thermal

кинетической температуры, рассчитывается тепловое магнитотормозное излучение активной области. Для расчета радиоизлучения используются полные формулы для коэффициентов циклотронного поглощения на 2 – 5 гармониках гирочастоты для обыкновенной и необыкновенных мод излучения. Авторами разработаны компьютерные программы для восстановления магнитных полей и расчетов радиоизлучения.

gyrosynchrotron radiation of an active region was calculated.

To calculate radio emission we used complete formulae for coefficients of cyclotron absorption at gyrofrequency harmonics 2 – 5 for ordinary and extraordinary modes of emission.

The authors developed software codes for reconstruction of magnetic fields and calculation of radio emission.

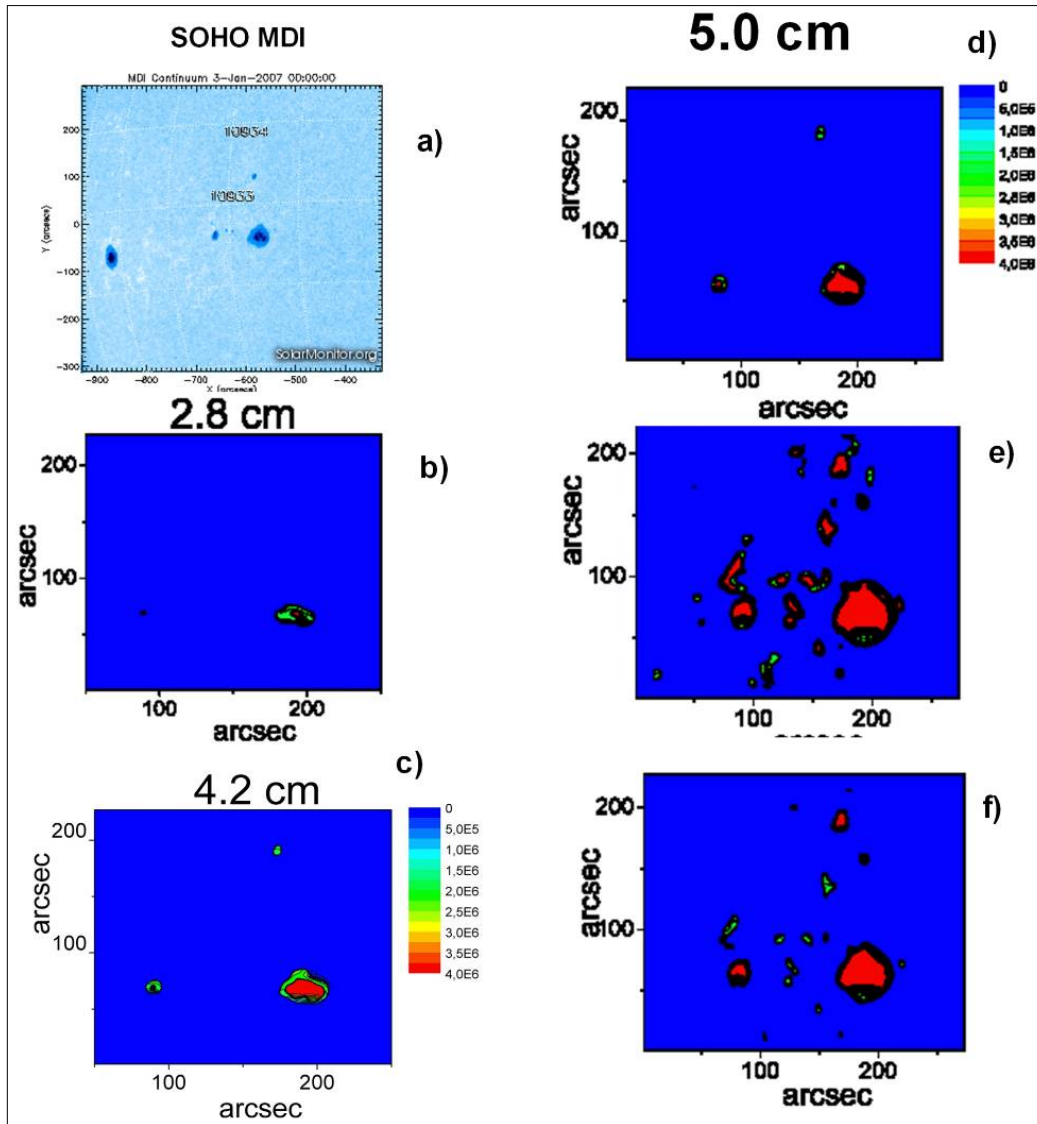


Рис. 63. Карты яркостных температур теплового циклотронного излучения (параметр Стокса  $I$ ), рассчитанные, исходя из трехмерного реконструированного магнитного поля, упрощенных модельных распределений электронной концентрации и кинетической температуры (двухступенчатая модель с условием постоянства давления). а) карта магнитных полей (SOHO MDI); б), в) карты для длин волн 2.8, 4.2 см. д), е) и ф) карты для волн 5 см, при учете корректирующего множителя  $\zeta$  для восстановленного магнитного поля: сверху вниз  $\zeta=1, 2$  и  $3$ . Видно, что ввод множителя  $\zeta$  увеличивает «наблюдаемые» размеры источников и усиливает излучение.

Fig. 63. Maps of brightness temperature of thermal cyclotron emission (the Stokes parameter  $I$ ) calculated on the basis of the 3D reconstructed magnetic field, simplified model distribution of electron concentration and kinetic temperature (the two-step model with the condition of constant temperature). а) The map of magnetic fields (SOHO MDI); б), в) the maps for the wavelengths 2.8, 4.2 cm; д), е) and ф) the maps for a wavelength of 5 cm with account of the correcting factor  $\zeta$  for restoration of magnetic field; from top downward:  $\zeta=1, 2$  and  $3$ . It is seen that introduction of the factor  $\zeta$  increases «observed» size of sources and amplifies emission.

На рисунке 63 расчетная пространственная и спектральная структура радиоизлучения сопоставляется с данными спектрально-поляризационных наблюдений с высоким пространственным разрешением на РАТАН-600. Анализируются возможные причины изменений пространственного распределения и поляризационных характеристик излучения, связанных с процессом распространения радиоволн при наличии в активных областях различного типа неоднородностей, токовых слоев и сложной топологии магнитного поля.

*В.М. Богод, Т.И. Кальтман, А.Г. Ступишин и Л.В. Яснот (СПбГУ).*

### О СТРУКТУРЕ ПЕРЕХОДНОЙ ОБЛАСТИ ХРОМОСФЕРА-КОРОНА

На основе спектрально-поляризационных наблюдений квазиспокойных источников циклотронного излучения (NoRH, CCPT и РАТАН-600) выполнено исследование переходной области хромосфера-корона над солнечными пятнами для изучения физики горячей плазмы (2-4 МК) в присутствии сильного магнитного поля (2-5 КГс). Благодаря высокому пространственному и частотному разрешению (на РАТАН-600 ~5%) наблюдения выявили целый ряд новых спектральных особенностей источников циклотронного излучения, которые можно считать фундаментальными, поскольку они не зависят от величины солнечного пятна и структуры активной области (униполярная-биполярная). Интерпретация новых результатов в рамках общепринятой модели источника циклотронного излучения встречается с серьезными трудностями. Предложена идея коррекции модели, состоящая в том, что на  $\lambda > 3$  см излучение в обеих модах (о, е) генерируется одним 3-им гироуровнем, а не суммой 2-го и 3-его, как считалось ранее. Идея проверяется путем моделирования. Планируется продолжить исследование с целью увеличения статистической значимости наблюдательных данных, а также развития модели и уточнения физических параметров корональной плазмы над солнечными пятнами.

*Н.Г. Петерова, А.Н. Коржавин, Л.В. Опейкина, Н.А. Топчило, Т.П. Борисевич. АЖ, 87, 75 (2010); Астрофиз. бюлл., 65, 60 (2010).*

In Fig. 63 the calculated spatial and spectral structure of radio emission is compared with data of RATAN-600 spectral-polarization observations of high spatial resolution.

We analyzed possible reasons for alteration of polarization characteristics of emission connected with the process of propagation of radio waves in the presence of inhomogeneities of different types, current sheets and complex topology of magnetic fields in active regions.

*V.M. Bogod, T.I. Kaltman, A.G. Stupishin, and L.V. Yasnov (St.Petersburg State University).*

### ON STRUCTURE OF THE CHROMOSPHERE-CORONA TRANSITION ZONE

To study physics of hot plasma (2-4 MK) in the presence of strong magnetic field (2-5 kGs) we investigated the chromosphere-corona transition zone over sunspots on a basis of spectral-polarization observations of quiescent sources of cyclotron emission (NoRH, CCPT and RATAN-600).

Due to high spatial and frequency resolution (~5% at RATAN-600) the observations revealed a number of new spectral features of cyclotron emission sources which can be considered as fundamental because they do not depend on sunspot size and structure of active region (unipolar-bipolar).

Interpretation of new results within the framework of the standard model of cyclotron emission source faces serious difficulties.

To correct the model an idea was suggested that at  $\lambda > 3$  cm the emission in both modes (o,e) is generated by the third gyrolevel only, but not by the sum of the second and third gyrolevels as was accepted previously.

The idea is tested by modeling.

It is planned to continue the study for the purpose of increasing statistical significance of observational data and specifying physical parameters of corona plasma over sunspots.

*N.G. Peterova, A.N. Korzhavin, L.V. Opejkina, N.A. Topchilo, T.P. Borisevich. AZh, 87, 75 (2010); Astrophys. Bull., 65, 60 (2010).*