

## Радиоастрономические исследования

## Radio Astronomy Investigations

### ГЛУБОКИЕ ОБЗОРЫ НЕБА НА РАТАН-600

### DEEP SKY SURVEYS ON THE RATAN-600

#### Эксперимент ХОЛОД 1980-1999 гг. на $\lambda 7.6$ см и глубокие дециметровые обзоры NVSS и FIRST

#### The COLD Experiment (1980-1999) at $\lambda 7.6$ cm, and the NVSS & FIRST Deep Decimeter Surveys

После анализа совместных данных каталога RC и каталогов дециметрового диапазона NVSS и FIRST были повторно обработаны все циклы наблюдений (1980-1999 гг.) полосы обзора ХОЛОД. Оценка шума радиометров (0.15мК) по большому массиву данных оказался значительно ниже шума фоновых радиоисточников. Для всего массива данных принят порог обнаружения по уровню  $5\sigma S_{7.6\text{cm}} \sim 15$  мЯн и  $3\sigma - 9$  мЯн (рис.71).

After the analysis was made of the unified data from the RC catalogue with the NVSS and FIRST decimetre surveys, all the observational cycles (1980-1999) of the COLD survey were re-processed. The evaluation of radiometer noise (0.15mK) from a large data array turned out to be much lower than the noise from background sources. We adopted the threshold of detection by the level of  $5\sigma S_{7.6\text{cm}} \sim 15$  mJy and  $3\sigma - 9$  mJy (Fig.71) for the entire data array.

Сравнение модельного разреза неба на  $\lambda 7.6$  см по данным NVSS с обзором ХОЛОД показало, что основная часть источников NVSS имеет спектральный индекс  $\alpha \sim 0.75$ . Около 10% NVSS-объектов, регистрируемых в обзоре ХОЛОД, имеют спектры, отличные от среднего для всей популяции.

A comparison of the model sky section at  $\lambda 7.6$  cm according to the NVSS data with the COLD survey has shown that the major part of the NVSS sources has a spectral index  $\alpha \sim 0.75$ . Around 10% of the NVSS sources, registered in the COLD survey have the spectra, different from average for the entire population.

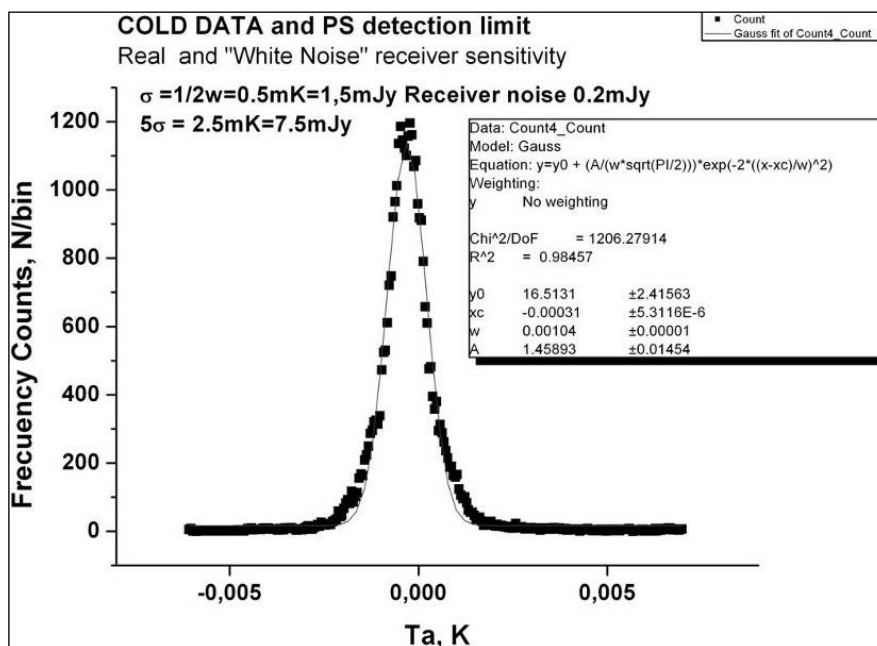


Рис. 71. Статистика отсчетов на среднем разрезе неба (50 сканов) для интервала  $04^h < R.A. < 03^h$ . Данные отфильтрованы от шума далеких радиоисточников. Дисперсия шумов полусуммы двух независимых групп наблюдений (1.5 мЯн) больше дисперсии их полуразности (0.2 мЯн), из чего получена оценка порога обнаружения объектов: 7.5 мЯн по уровню  $5\sigma$  и 4.5 мЯн по уровню  $3\sigma$ . По сравнению с этим интервалом для всех остальных обработанных данных порог обнаружения выше.

Fig. 71. Counts statistics on the average sky section (50 scans) for the  $04^h < R.A. < 03^h$  interval. The data are filtered from the noise of far radio sources. The noise dispersion of the half-sum of two independent groups of observations (1.5 mJy) is larger than the dispersion of their half-difference (0.2 mJy), which yields the evaluation of object detection threshold: 7.5 mJy on the  $5\sigma$  level and 4.5 mJy on the  $3\sigma$  level. Compared with this interval, for all the remaining reduced data the threshold is higher.

Для достаточно мощных радиисточников ( $S_{1.4\text{ GHz}} \sim 100$  мЯн) построены спектры с использованием всех имеющихся в этой области неба каталогов.

Данные обзора ХОЛОД 1980-1999 гг. позволили определить двухчастотные спектры многих слабых NVSS-объектов, для которых нет данных на других частотах, и выделить в два раза более слабые объекты, чем в обзоре GB6 ( $S_{\text{lim}} \sim 25$  мЯн на  $\lambda 6$  см). Уровень  $3\sigma$  на  $\lambda 7.6$  см недостаточен для оценки спектров всех слабых NVSS-радиисточников ( $S_{\text{lim}} \sim 2.5$  мЯн), поэтому средний спектральный индекс предельно слабых объектов был оценен по шуму «насыщения». Популяция NVSS объектов с плоскими и инверсионными спектрами, имеющих плотность потока больше 10 мЯн, полностью попала в данные ХОЛОД 1980-1999 гг.

Накопление существенно большего числа суточных разрезов неба, чем в ХОЛОДе-80, привело к ожидаемому снижению уровня шумов радиометра, но практически не снизило порог обнаружения источников в связи с доминированием шума фоновых радиисточников.

В начале 80-х годов каталог RC был глубже других каталогов, и только  $\sim 10\%$  радиисточников, которые имели очень крутые спектры, были отождествлены с каталогом UTRAO ( $\lambda 60$  см). За прошедшие четверть века появились более глубокие обзоры (NVSS, FIRST), и ситуация оказалась противоположной. Обзоры в сантиметровом диапазоне стали использоваться для выделения популяции NVSS, FIRST объектов с инверсионными спектрами. Это интересно для селекции радиоизлучающих галактик и квазаров с активными ядрами (AGN). Сантиметровые обзоры неба с чувствительностью, адекватной NVSS, FIRST каталогам, пока удалось провести только в очень малых областях неба, что резко ограничивает полноту данных по объектам высокой радио светимости на разных красных смещениях.

*Н.С. Соболева, Е.К. Майорова, О.П. Желенкова, А.В. Темирова, Н.Н. Бурсов.*

### Обзор RZF - Ratan-600 Zenith Field

Завершен глубокий обзор (рис. 72, слева) области неба  $0^{\text{h}} < \text{R.A.} < 24^{\text{h}}$  и  $40.5^{\circ} < \text{DEC} < 42.5^{\circ}$  (Отчет САО РАН 2004-2005, с. 91), который явился предельно глубоким для РАТАН-600 на волнах длиннее 3.9 см. RZF нацелен на получение спектра мешающих фоновых излучений (ФИ) при исследовании анизотропии реликтового фона (Cosmological Microwave Background, CMB).

Интерпретация данных по фону в диапазоне 1 см - 1 мм требует экстраполяции фона синхротронного излучения и свободно-свободного излучения горячего газа в Галактике, а также шума фоновых источников и дипольного излучения пыли. Основными параметрами, определяющими полноту исследований ФИ, являются пиксельная

For relatively powerful radio sources ( $S_{1.4\text{ GHz}} \sim 100$  mJy) we constructed the spectra with the use of all the existing for this part of the sky surveys.

The data of the COLD survey from 1980-1999 allowed to determine two-frequency spectra of a lot of faint NVSS objects, for which there was no data at other frequencies, and resolve the objects two times fainter than in the GB6 survey ( $S_{\text{lim}} \sim 25$  mJy at  $\lambda 6$  cm). The level of  $3\sigma$  at  $\lambda 7.6$  cm is not sufficient for the evaluation of spectra of all the faint NVSS radio sources ( $S_{\text{lim}} \sim 2.5$  mJy). Therefore, we evaluated the intermediate spectral index of extremely faint objects according to the saturation noise. The NVSS object population with flat and inversion spectra having the flux density of more than 10 mJy fully made it into the COLD 1980-1999 data.

The integration of a significantly larger number of diurnal sky sections than in the COLD-80 led to the expected decrease of the radiometer noise level, but it practically did not decrease the source detection threshold due to the domination of the background source noise.

At the beginning of the 80ies the RC catalog was more profound than other catalogs, and only 10% of the radio sources with very steep spectra were identified with the UTRAO ( $\lambda 60$  cm) catalog. Deeper surveys (NVSS, FIRST) appeared during the last quarter of a century and the situation reversed.

The centimeter surveys started to be used for the separation of the population of the NVSS and FIRST objects with the inversion spectra.

This is interesting for the selection of radio-loud galaxies and quasars with active galactic nuclei (AGN). Centimeter surveys of the sky with the sensitivity comparable with the NVSS and FIRST catalogues were successful only for very tiny sky regions, which limits the fullness of the data on the high radio luminosity objects at different redshifts.

*N.S. Soboleva, E.K. Mayorova, O.P. Zhelenkova, A.V. Temirova, N.N. Bursov.*

### The RZF Survey – RATAN-600 Zenith Field

We finished a deep survey (Fig. 72, left) of the sky region  $0^{\text{h}} < \text{R.A.} < 24^{\text{h}}$  and  $40.5^{\circ} < \text{DEC} < 42.5^{\circ}$  (SAO RAS Annual Report 2004-2005, p. 91), which was extremely deep for the RATAN-600 at the wavelengths longer than 3.9 cm. The RZF is targeted at obtaining the spectra of disturbing background radiations while studying the anisotropy of the relict background (CMB).

Interpretation of the background radiation data in the range of 1 cm – 1 mm requires an extrapolation of background synchrotron radiation and free-free emission of the hot gas in the Galaxy, as well as the noise of background sources and dipole radiation of the dust. The main parameters, determining the fullness of background studies are the pixel sensitivity at different

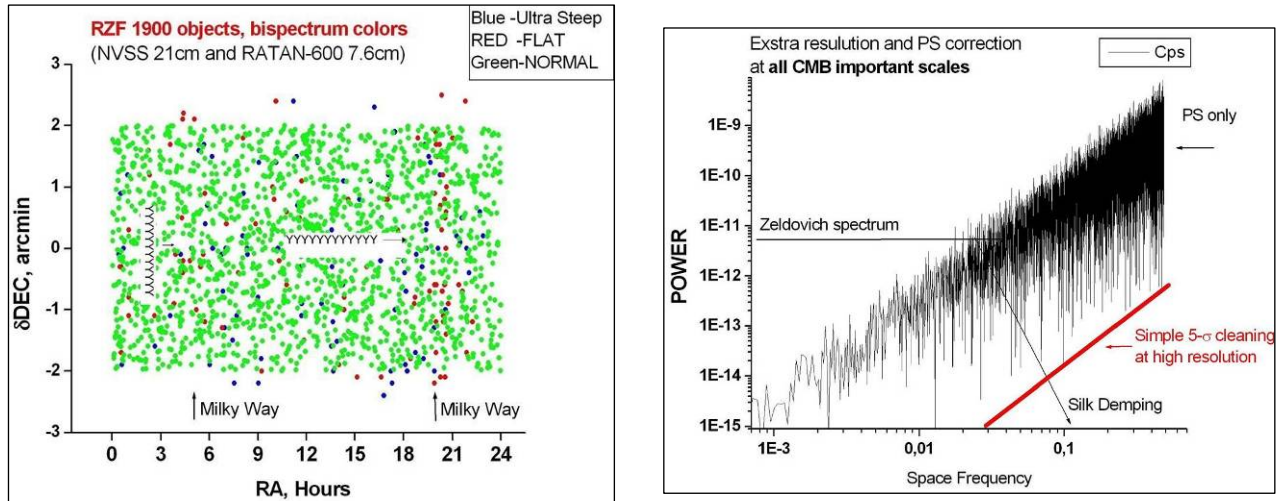


Рис. 72. Слева – область обзора RZF. Синие точки - радиоисточники с ультра-крутыми спектрами, красные точки - радиоисточники с плоскими или инверсионными спектрами. Рисунок справа демонстрирует возможность устранения вклада фоновых радиоисточников с помощью наблюдений на больших радиотелескопах. Учет их вклада снижает уровень шума на всех пространственных частотах. Горизонтальная линия - уровень анизотропии СМВ до момента рекомбинации водорода  $z=1000$ .

Fig. 72. Left: the RZF survey region. Blue dots mark the radio sources with ultra-steep spectra, red dots are radio sources with flat or inversion spectra. The figure on the right demonstrates the possibility of elimination of the background source contribution with the aid of observations conducted on large radio telescopes. Taking account of their contribution decreases the noise level at all spatial frequencies. The horizontal line marks the level of CMB anisotropy till the moment of hydrogen recombination  $z=1000$ .

чувствительность на разных угловых масштабах  $\Theta \sim 1/L$ , размер исследованной области неба и чувствительность инструмента ( $\sim \Omega_\lambda$ ). Предельная Фурье-гармоника, регистрируемая в спектре фона, определяется отношением размера инструмента к длине волны,  $D/\lambda$ . 6 угловых минут по склонению соответствуют  $L=1000$  в спектре мощности СМВ. На этих масштабах существенно падает интенсивность сахаровских осцилляций и максимальная поляризация СМВ (рис. 72, справа).

Девять широких частотных диапазонов и 24 узкополосных подканала, на которых проводился обзор RZF, существенно расширяют возможности исследования фоновых излучений.

Интерферометрические системы не чувствительны к ФИ, а космические эксперименты ограничены размерами зеркал. В RZF впервые получены данные о флуктуациях фона Галактики и Метагалактики на масштабах интересных для космологии, с чувствительностью и угловым разрешением большими, чем это делалось ранее, а также в диапазоне близком к диапазону космических экспериментов WMAP и PLANCK. Данные обзора упрощают экстраполяцию ФИ по диапазонам и угловым размерам.

Можно сопоставить обзор RZF с WMAP и PLANCK для угловых масштабов  $\sim 0.1^\circ$ . Параметр  $W^2 \sim (D/\lambda)^2$  характеризует антенный фильтр при исследовании спектра мощности флуктуаций СМВ. Для обзора RZF этот фактор играет роль только на самых длинных волнах.

При осреднении данных за многие сутки на

angular scales  $\Theta \sim 1/L$ , the size of the studied region of the sky and the instrument's sensitivity ( $\sim \Omega_\lambda$ ). The limiting Fourier harmonics, registered in the background spectrum, is determined by the wavelength dependence on the instrument size,  $D/\lambda$ . 6 angular minutes in declination correspond to  $L=1000$  in the power spectrum of the CMB. At these scales the intensity of the Sakharov oscillations briskly decreases and the CMB polarization is maximal (Fig. 72, right).

Nine broad frequency ranges and 24 narrow-band sub-channels at which the RZF survey was conducted, are substantially expanding the capabilities of the background radiation research.

Interferometric systems are not sensitive to the cosmic background, and space experiments are limited by mirror sizes. In the RZF we for the first time obtained the data on the Galactic and Metagalactic background fluctuations on the scales interesting for the cosmology, with higher-than-previous sensitivity and resolution in direction and in the range close to the ranges of the WMAP and PLANCK space based experiments. The survey data simplify the background radiation extrapolation in ranges and in resolution in direction.

We can compare the RZF survey with the WMAP and PLANCK missions for the angular scales of  $\sim 0.1^\circ$ . The parameter  $W^2 \sim (D/\lambda)^2$  characterises the antenna filter while studying the CMB fluctuations power spectrum. For the RZF survey, this factor becomes important only at the longest waves.

While averaging the data from many days, the noise

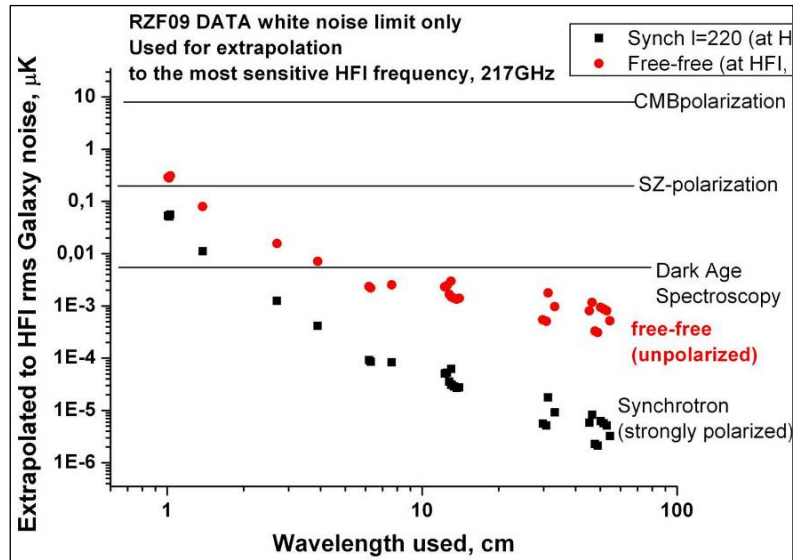


Рис. 73. Ожидаемый шум Галактики, экстраполированный с диапазона волн обзора RZF на наиболее чувствительную волну миссии PLANCK 1.4 мм. Горизонтальные линии - ожидаемый уровень CMB-шума. Данные для градусных масштабов  $L=220$ .

Fig. 73. The expected noise of the Galaxy, extrapolated from the wavelength range of the RZF survey to the most sensitive wave of the PLANCK mission, 1.4 mm. The horizontal lines – the expected level of the CMB noise. The data for the degree scales of  $L=220$ .

малых масштабах стал доминировать шум фоновых источников, а на больших масштабах - шум Галактики. На коротких волнах на малых масштабах доминирует шум радиометров и на больших масштабах - шум атмосферы Земли. Предварительная обработка накопленных за 10 лет данных показала, что в наземных экспериментах на радиотелескопах с большими апертурами:

- 1) на малых угловых масштабах ( $\Theta \ll 1^\circ$ , или  $L \gg 200$ ) величины практически всех видов мешающих ФИ много меньше оценок прошлого десятилетия (рис. 73). Это относится и к неизвестной новой популяции дискретных радиисточников, и к «опасным» для анизотропии CMB объектам с инверсионными спектрами;
- 2) значительно повышена точность оценки шума на малых масштабах, которые определяются гравитационным рассеянием CMB на одномерных структурах, предсказываемых единой теорией поля (типа SUSY - супер-симметрия в конце эпохи инфляции);
- 3) найдены методы подавления шумов атмосферы Земли в режиме наблюдений с неподвижной диаграммой радиотелескопа. Это открывает новые возможности использования наземных инструментов в исследовании ФИ Вселенной в диапазонах волн, прозрачных для атмосферы Земли ( $\lambda > 3-10$  мм);
- 4) показана рентабельность использования матричных радиометров в фокальной плоскости радиотелескопов; предложен простой и эффективный метод высокоточной калибровки

of background sources at small scales and the Galactic noise at large scales become dominant. At short waves, the noise of radiometers is dominating at the small scale, and the Earth's atmospheric noise at large scales. Front-end processing of the data integrated during 10 years has shown that in the terrestrial experiments on the telescopes with large apertures:

- 1) at small angular scales ( $\Theta \ll 1^\circ$ , or  $L \gg 200$ ) the values of almost all the disturbing background radiations are much smaller than the evaluations of the past decade (Fig. 73). This is also true for the unknown new population of discrete radio sources, and to the «dangerous» for the anisotropy of CMB objects with inversion spectra;
- 2) the accuracy of noise evaluation is significantly enhanced on the small scales, which are determined by the gravitational scattering of the CMB on one-dimensional structures, predicted by the unified field theory (like SUSY – supersymmetry at the end of the cosmic inflation epoch);
- 3) we elaborated the technique of atmospheric noise reduction in the observational mode of fixed beam pattern of the telescope. This opens new possibilities of use of the ground-based equipment in the study of the background radiations of the Universe in the wavelength range transparent for the Earth's atmosphere ( $\lambda > 3-10$  mm);
- 4) we demonstrate the profitability of the use of matrix radiometers in the focal plane of radio telescopes; a simple and effective technique of high precision calibration of the matrix channels in polarization

каналов матрицы в поляризационных наблюдениях, использующих неполяризованное излучение атмосферы в качестве эталона.

Для дальнейшего глубокого анализа данных RZF необходимо привести все процедуры к белому шуму радиометров для приближения чувствительности к расчетной. Опыт обработки  $\lambda 7.6$  см показал, что это возможно.

*Ю.Н. Парийский, Н.Н. Бурсов, А.Б. Берлин, Н.А. Низельский, Г.В. Жеканис, М.Г. Мингалиев.*

### Радиогалактика RC J0311+0507 - необычный объект ранней Вселенной

RC J0311+0507 - один из источников программы «Большое Трио» (Отчет САО РАН 2004-2005, с. 90). Многоцветные фотометрические измерения на БТА выявили аномальную яркость родительской галактики в фильтре R, что могло быть связано с попаданием в эту полосу линии  $Ly_{\alpha}$  характерной в классических радиогалактиках высокой светимости (рис. 74). В спектре (БТА/SCORPIO) была обнаружена сильная эмиссия, отождествленная с водородной линией  $Ly_{\alpha}$  на  $Z=4.519$ . RC J0311+0507 оказался самым далеким источником из объектов программы с рекордной светимостью в сантиметровом диапазоне ( $L_{5\text{GHz}} \sim 6 \cdot 10^{28} \text{W/Hz}$ ).

По результатам недавних исследований была выделена особая группа FRII-объектов высокой светимости на  $Z > 3-5$ . Само существование гигантских FRII-радиогалактик на больших красных смещениях было до некоторых пор под вопросом из-за того, что обнаружение сверхмассивных черных дыр (СМЧД) с массой  $> 10^9 M_{\odot}$  в галактике в первый миллиард лет ее существования требует теоретического обоснования. В принятых моделях (Cunha & Santos 2004, Loeb & Barcana 2001) темп роста СМЧД зависит от темпа аккреции и затравочной массы ЧД ( $10-100 M_{\odot}$ ). Адвективные модели аккреции основаны на предположении, что существуют ЧД ( $\sim 10^3 M_{\odot}$ ) на  $Z > 10-30$  (население III типа). Недавние результаты WMAP ставят под сомнение существование таких объектов. Для выбора модели требуются данные с высоким угловым разрешением для определения внутренней структуры радиоисточников на больших  $Z$ .

С участием европейских радиоастрономов для RC J0311+0507 получены карты интенсивности и поляризации на интерферометре MERLIN (JBO, UK) на  $\lambda 18$  см и 6 см (полоса L и C, соответственно). Изображения MERLIN в полосах L и C и комбинированное VLA+MERLIN изображение в полосе C (рис. 75, fig. 1, 2 & 3, соответственно) показывают, что источник имеет в центральной области необычную многокомпонентную структуру. Самый южный компонент является горячим пятном одной из долей радиоисточника. Наблюдающаяся в нем поляризация указывает на то, что это, скорее всего, ближняя к наблюдателю доля. В центральной части радиоструктуры можно выделить три

observations, making use of unpolarized atmospheric radiation as a standard.

For the further deep analysis of the RZF survey, we have to normalize all the procedures to the white noise of radiometers in order to approximate the sensitivity to the estimated one. The experience of reducing the  $\lambda 7.6$  cm has shown that it was possible.

*Yu.N. Parijskii, N.N. Bursov, A.B. Berlin, N.A. Nizhelskii, G.V. Zhekanis, M.G. Mingaliev.*

### Radio Galaxy RC J0311+0507 – an Unusual Object of the Early Universe

The RC J0311+0507 is one of the Big Trio program sources (SAO RAS Annual Report 2004-2005, p. 90). Multicolour photometric measurements on the BTA have detected anomalous luminosity of the host galaxy in the R-band, which could be due to the entrance of the  $Ly_{\alpha}$  line into this band, typical for classical radio galaxies with high luminosities (Fig. 74). Powerful emission was found in the spectra (BTA/SCORPIO), identified with the hydrogen line  $Ly_{\alpha}$  at  $Z=4.519$ .

The RC J0311+0507 turned out to be the most distant object from the program objects with record luminosity in the centimetre range ( $L_{5\text{GHz}} \sim 6 \cdot 10^{28} \text{W/Hz}$ ) at such redshifts.

Based on the results of recent studies, a special group of FRII objects of high luminosity was isolated at  $Z > 3-5$ . The mere existence of gigantic FRII-radio galaxies at large redshifts was for some time open to question due to the fact that the detection supermassive black holes (SMBH) with the masses of  $> 10^9 M_{\odot}$  in the galaxy during the first billion of years of its existence requires a theoretical justification. In the accepted models (Cunha & Santos 2004, Loeb & Barcana 2001), the rate of growth of an IMBH depends on the accretion rate and on the black hole's bare mass ( $10-100 M_{\odot}$ ). The advective accretion models are based on the assumption that there exist some BH ( $\sim 10^3 M_{\odot}$ ) at  $Z > 10-30$  (Population III stars). Recent findings of the WMAP mission question the existence of such objects. To choose the right model, we require data with high resolution in direction in order to determine the internal structure of radio sources at large  $Z$ .

With the collaboration of European radio astronomers we obtained intensity and ionization maps for the RC J0311+0507 on the MERLIN interferometer (JBO, UK) at  $\lambda 18$  cm and 6 cm (L- and C-bands, respectively). The MERLIN images in the L- and C-bands and the combined VLA+MERLIN image in the C-band (Fig. 75, panels 1, 2 & 3, respectively) show that in its central region the source has an unusual magnetic multicomponent structure.

The southernmost component is a hot-spot from one of the radio source segments. The polarisation observed in it indicates that this is, most probably, the segment closest to the observer.

In the central part of the radio structure one can isolate

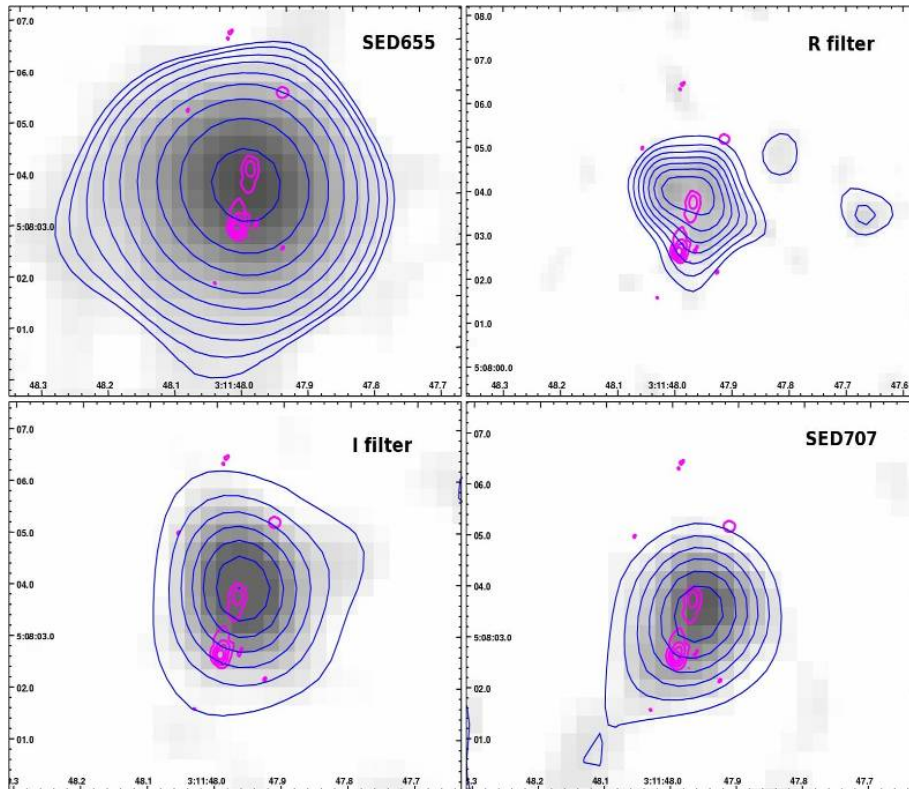


Рис. 74. RCJ0311+0507. Прямые снимки (БТА+SCORPIO), полученные в широкополосных R, I и среднесполосных фильтрах SED 655, SED 707 (синие изофоты на полутоновых изображениях) с наложенным радиоизображением VLA+MERLIN, C-band (розовые контуры). В фильтре SED655 видна обширная газовая оболочка галактики.

Fig. 74. RCJ0311+0507. Direct images (БТА+SCORPIO), obtained in wide-band R, I and intermediate-band filters SED 655, SED 707 (blue isophotes on the gray-level images) with the superimposed radio image VLA+MERLIN, C-band (pink contours). In the SED655 filter one can see a vast gaseous envelope of the galaxy.

компонента, отмеченные А, В и С (рис. 75, fig.1). Если ядром является компонент А, то источник является FRII с сильной асимметрией в плотностях потока и сложной джетоподобной структурой в южном компоненте, а если С - двойной радиогалактикой с несколько асимметричным отношением плотностей потока. Если включить в рассмотрение самый северный компонент, то источник уже будет иметь дважды двойную структуру (double-double), предполагающую несколько выбросов из ядра. Это указывает на возможность наличия двух СМЧД в ядре родительской галактики. Не исключен вариант, когда компоненты А и В являются двойным ядром. В наблюдениях родительской галактики RC J0311+0507 (с 1995 по 2008 гг.) имеются указания на переменность, что может быть следствием двойственности ядра. Координаты оптического объекта ( $\alpha = 03^{\text{h}}11^{\text{m}}47.967^{\text{s}} \pm 0.005^{\text{s}}$ ,  $\delta = +05^{\circ}08'03.86'' \pm 0.18''$ , J2000) ближе всего к компоненту А ( $\alpha = 03^{\text{h}}11^{\text{m}}47.967^{\text{s}}$ ,  $\delta = +05^{\circ}08'03.87''$ ), у которого оказался и более плоский, по сравнению с остальными компонентами, спектр. Вероятнее всего, он и является ядром источника.

С привлечением новых данных MERLIN уточнена радиосветимость ядра RC J0311+0509, по

three components, marked A, B and C (Fig. 75, panel 1). If the component A is the nucleus, then the source is a FRII with strong asymmetry in the flux densities and a complex jet-like structure in the southern component, if the component C is the one then it is a double radio galaxy with a somewhat asymmetric dependency of flux densities. If we discuss the northernmost component, the source would have a double-double structure, implying several bursts from the nucleus.

This indicates on the possibility of existence of two SMBHs in the nucleus of the parent galaxy. It is not impossible that the A and B components constitute a double nucleus.

In the observations of the RC J0311+0507 host galaxy (1995-2008) there exist indications of variability, which may be the consequence of the nucleus' binarity.

The coordinates of the optical object ( $\alpha = 03^{\text{h}}11^{\text{m}}47.967^{\text{s}} \pm 0.005^{\text{s}}$ ,  $\delta = +05^{\circ}08'03.86'' \pm 0.18''$ , J2000), determined from four independent observations, are the closest to the component A ( $\alpha = 03^{\text{h}}11^{\text{m}}47.967^{\text{s}}$ ,  $\delta = +05^{\circ}08'03.87''$ ), which happens to have a flatter, as compared to the remaining components, spectrum. Most probably it is the nucleus of the source.

Adding the new MERLIN data, we refined the radio luminosity of the RC J0311+0509 nucleus, in view of

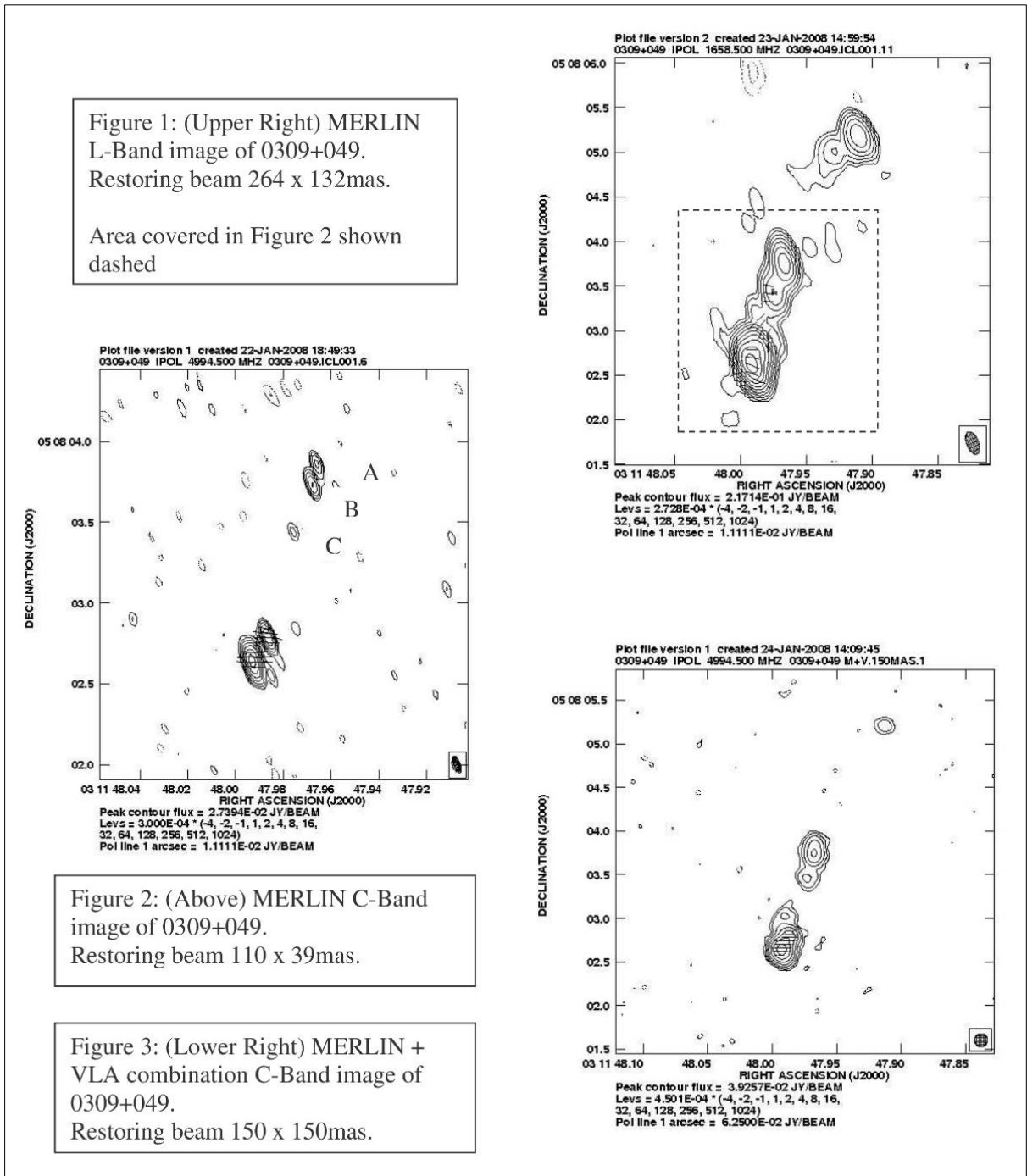


Рис. 75. Изображения RC J0311+0507, полученные на радиointерферометре MERLIN (JBO, UK) на частотах 1.7 (fig.1) и 5 ГГц (fig.2), и комбинированное MERLIN+VLA изображение (fig.3). Область, занимаемая изображением на fig.2, отмечена на fig.1 пунктирной линией. Компонент А на fig.1 является наиболее вероятным ядром источника.

Fig. 75. Images of the RC J0311+0507, obtained on the radio interferometer MERLIN (JBO, UK) at the frequencies of 1.7 (figure 1) and 5 GHz (figure 2), and a combined MERLIN+VLA image (figure 3). The region, occupied by the image on figure 2, is marked on figure 1 with a dotted line. Component A in figure 1 is the most probable nucleus of the source.

которой произведена оценка массы СМЧД родительской галактики. Она оказывалась  $\geq 10^{10} M_{\odot}$ , если полагать, что зависимость «радиосветимость ядра-масса СМЧД» можно

which the mass of the SMBH of the host galaxy was evaluated. It appears to be  $\geq 10^{10} M_{\odot}$ , if we consider that the «radio luminosity of the nucleus – SMBH mass» dependence may be extrapolated at larger Z. Such an

экстраполировать на большие  $Z$ . Такой объект представляет существенную проблему для теоретических моделей, как эволюции галактик, так и существования СМЧД в ранней Вселенной.

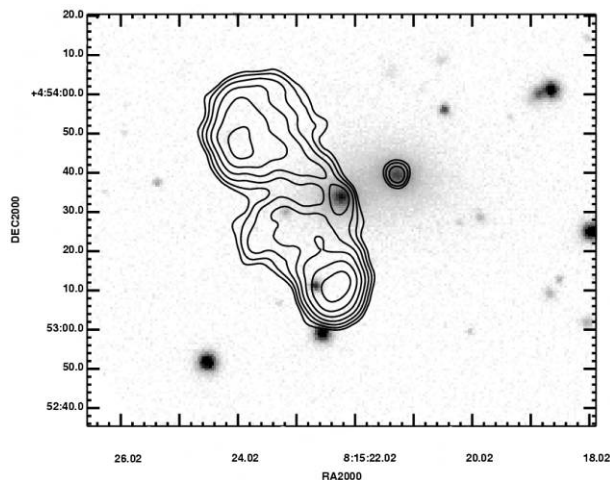
Высокая радио светимость компонент при малом линейном размере этой радиогалактики требует привлечения нестандартных методов их формирования, с учетом различных вариантов мерджинга, включая варианты с двойными черными дырами. Мерджинг может обеспечивать высокую скорость вращения СМЧД и высокую светимость источника в радиодиапазоне. Для подтверждения этой гипотезы нужны детальные наблюдения RC J0311+0507 во всем диапазоне частот от радио до рентгена.

*Ю.Н. Парижский, О.П. Желенкова, А.И. Копылов, Н.С. Соболева, А.В. Темирова, О.В. Верходанов, Т.А. Фатхуллин совместно с П. Томассоном и Т. Макслоу (JBO, Великобритания).*

### Отождествление радиоисточников каталога RC в области, совпадающей с обзорами FIRST и SDSS

Из 432 радиоисточников каталога RC, попадающих в область пересечения с обзорами SDSS и FIRST (~132 кв.град.), ~75% идентифицированы с объектами радиокаталогов FIRST и NVSS. Большая часть из оставшихся ~25% источников являются либо результатом блендинга двух или нескольких реальных объектов, для которых сложно определить индивидуальные характеристики по наблюдениям обзора ХОЛЮД, либо ложными источниками.

По данным FIRST подсчитано число компонент для исследуемых источников. Однокомпонентные источники составляют ~55% выборки, двухкомпонентные и с большим числом компонент ~45%.



object presents a substantive problem for the theoretical models of the galactic evolution and the existence of IMBHs in the early Universe.

High radio luminosity of the components taken the small linear size of this radio galaxy calls for engaging the unconventional methods of their formation, taking account of different variants of merging, including the variants with double black holes. The merging may provide high rotation velocity of an IMBH and high luminosity of the source in the radio range. To reconfirm this hypothesis, we require more detailed observations of the RC J0311+0507 in all the ranges - from radio to the X-ray.

*Yu.N. Parijskij, O.P. Zhelenkova, A.I. Kopylov, N.S. Soboleva, A.V. Temirova, O.V. Verkhodanov, T.A. Fathullin in collaboration with P. Thomasson and T. Muxlow (JBO, Great Britain).*

### Identification of the RC Catalogue Radio Sources in the Region, Matching the FIRST and SDSS Surveys

About 75% from 432 radio sources of the RC catalogue that fall into the regions of the SDSS and FIRST surveys (~132 square deg.) are identified with the FIRST and NVSS radio catalogue objects.

Most of the remaining 25% of the sources are either results of blending of two or more real objects, for which it is difficult to find individual characteristics according to the COLD survey data, or they are false objects.

We counted the number of components for the sources under study according to the FIRST survey data. One-component sources constitute around 55% of the sample, two- and multi-component sources make up around 45%.

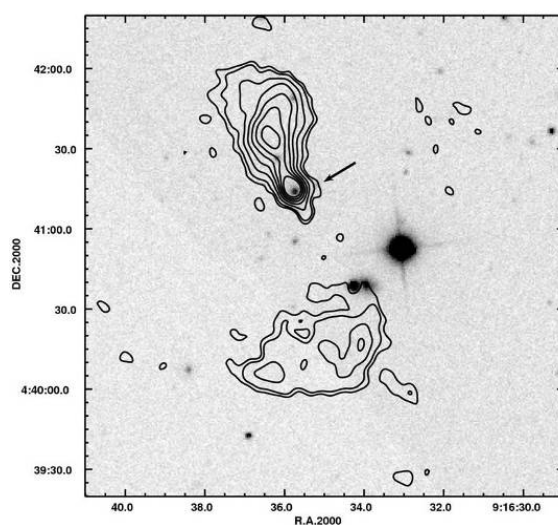


Рис. 76. Примеры оптического отождествления. Слева — радиоисточник RC J0815+0453, справа — RC J0916+0441.

Fig. 76. Examples of optical identification. Left: the RC J0815+0453 radio source, right — RC J0916+0441.



С привлечением данных VLSS, TXS, NVSS, FIRST и GB6 на частотах 74, 365, 1400 и 4850 МГц, соответственно, проанализировано поведение спектров радиоисточников.

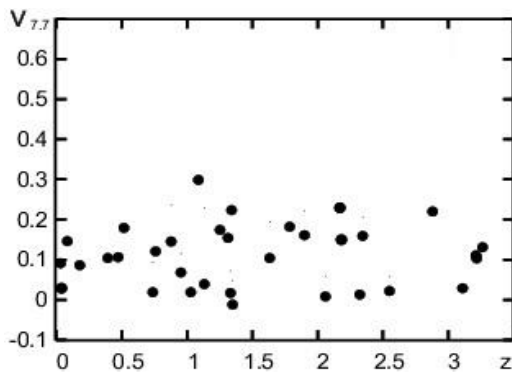
Для оптического отождествления источников каталога RC особое внимание уделялось морфологической классификации радиоисточников. Так 39% источников отнесены к точечным (C, core), 40% - к двойным источникам, ~20% - к тройным и многокомпонентным. Для ~80% радиоисточников исследуемого списка обнаружены кандидаты для оптического отождествления. У остальных ~20% оптические объекты оказались слабее предельной глубины обзора SDSS ( $r=22.6^m$ ). Примеры отождествления приведены на рисунке 76.

Для отождествленных источников соотношение галактик и звездных объектов составляет ~2:1, причем последние, скорее всего, квазары, если судить по фотометрическим и спектральным данным SDSS. Больше всего оптических кандидатов обнаружено для CJ (core-jet), CL (core-lobe) и T (triple) типов, для двойных радиоисточников - меньше и еще меньше для точечных объектов. Двойные источники отождествляются в основном с галактиками. Источники CL и T типов отождествляются с более яркими объектами в оптике, чем CJ, двойные и точечные радиоисточники. Большая часть радиоисточников, отождествленных с галактиками, имеют крутые и ультракрутые спектры в диапазоне 1.4-4.85 ГГц.

Среди радиоисточников, попавших в «пустые поля», доля объектов с крутыми и ультракрутыми спектрами еще выше. Для почти половины источников с ультракрутыми спектрами оптических кандидатов не обнаружено. Среди неотожествленных точечных источников и объектов с ультракрутыми спектрами могут быть объекты с большим Z.

*О.П. Желенкова, А.И. Копылов. Астрофизический бюллетень, 63, 346 (2008); Астрофизический бюллетень, 64, 109 (2009).*

**Исследования источников с плоскими спектрами**



Завершен анализ 20-летних наблюдений в диапазоне 0.97–21.7 ГГц полной выборки 68 источников ( $S_{3.9\text{ ГГц}} > 200 \text{ мЯн}$ ) с плоскими спектрами. С

Adding the VLSS, TXS, NVSS, FIRST and GB6 data at the frequencies of 74, 365, 1400 and 4850 MHz, respectively, we analyzed the behavior of the source spectra.

For the optical identification of the RC catalogue sources we paid special attention to the morphological classification of radio sources. In this way, 39% of sources were classified as point sources (C, core), 40% - as double sources, around 20% - as triple and multi-component sources. Candidates for optical identification were found for approximately 80% of radio sources of the list. The optical objects of the remaining 20% turned out to be fainter than the limiting depth of the SDSS survey ( $r=22.6^m$ ). The examples of the identification are demonstrated in Fig. 76.

For the sources identified, the ratio of galaxies and stellar objects constitutes ~2:1, while the latter are, most probably, quasars, if we judge upon the SDSS photometric and spectral data.

Most of the optical candidates were found for the CJ (core-jet), CL (core-lobe) and T (triple) types, less than that for the double radio sources and even fewer for the point objects. Double sources are mostly identified with galaxies.

The CL and T-type sources are identified with brighter objects in the optics, than the CJ, double and point radio sources.

Major part of radio sources identified with the galaxies, have steep and ultra-steep spectra in the range of 1.4-4.85 GHz.

Among the radio sources that made it into the «empty fields», the rate of objects with steep and ultra-steep spectra is even higher. No optical candidates were found for almost half of the objects with ultra-steep spectra. Among the unidentified point sources and the objects with ultra-steep spectra there might be objects with large Z.

*O.P. Zhelenkova, A.I. Kopylov. Astrophysical Bulletin, 63, 346 (2008); Astrophysical Bulletin, 64, 109 (2009).*

**Studies of Sources with Flat Spectra**

*Рис.77. Зависимость частоты максимума в спектре в системе покоя источника от красного смещения.*

*Fig. 77. Redshift dependence of the maxima frequency in the source spectrum (in the rest frame).*

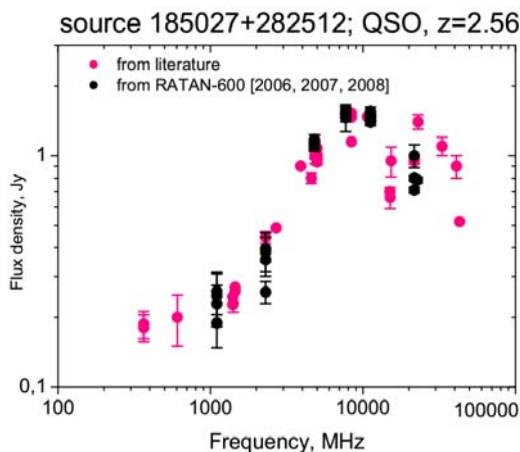
We finalized the analysis of 20-year long observations in the range of 0.97–21.7 GHz of the full sample of 68 sources ( $S_{3.9\text{ GHz}} > 200 \text{ mJy}$ ) with flat spectra. We

оптическими объектами отождествлено 56 источников, из них 41 источник - квазары с красными смещениями от 0.293 до 3.263. Исследование кривых блеска и спектров показало, что в большинстве случаев динамика развития вспышки соответствует модели, в которой переменность есть результат эволюции ударной волны в джете радиисточника.

Свойства долговременной переменности и спектральные характеристики демонстрируют отсутствие зависимости истинных линейных размеров излучающих областей, индексов переменности и частот максимумов в спектрах компактных компонент (рис. 77) от красного смещения. Предполагается, что это свидетельствует об отсутствии космологической эволюции квазаров, по крайней мере, до красных смещений  $\sim 3$ .

*М.Г. Мингалиев совместно с А.Г. Горшковым и В.К. Конниковой. (ГАИШ МГУ).*

### Исследование спектров и переменности GPS-источников



identified 56 sources with optical objects, 41 of which are quasars with redshifts from 0.293 to 3.263.

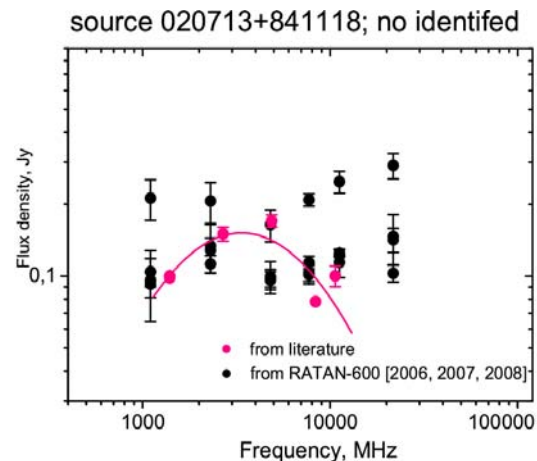
The study of light curves and spectra has demonstrated that in most of the cases the dynamic behavior of the flare matches the model, in which the variability is the result of evolution of the shock wave in the radio source's jet.

The properties of the long-term variability and the spectral characteristics have demonstrated the lack of redshift dependencies of real linear sizes of the emitting regions, of the variability indices and of the maxima frequencies in the spectra of compact components (Fig. 77).

We suppose that this fact indicates the lack of cosmological evolution of quasars, at least up to the redshifts of around 3.

*M.G. Mingaliev in collaboration with A.G. Gorshkov and V.K. Konnikova. (SAI MSU).*

### Study of Spectra and Variability of GPS Sources



*Рис. 78. Примеры мгновенных спектров радиоисточников, известных в литературе как GPS. Слева – GPS-квазар со спектральным максимумом на частоте около 10 ГГц; справа - радиоисточник, который оказался сильно переменным источником с плоским спектром.*

*Fig. 78. Examples of instantaneous spectra of the radio sources known as GPS sources. Left: a GPS quasar with the spectral maximum at the frequency of 10GHz; right: a radio source, which turned out to be a highly variable source with a flat spectrum.*

Проведены наблюдения 122 объектов, известных по литературе как GPS-источники (Gigahertz Peaked Spectrum). Для подтверждения принадлежности источника из списка к классу GPS требовались как мгновенные радиоспектры в широком диапазоне частот, так и данные по долговременной переменности. 52% объектов списка отнесены к наиболее вероятным GPS-источникам, 10% - к источникам с нормальными спектрами и 38% - к источникам с плоскими спектрами. Последние две группы отнесены к GPS ошибочно из-за отсутствия достаточного числа радиоданных (рис. 78).

We have conducted observations of 122 objects, known in the literature as the Gigahertz Peaked Spectrum (GPS) type objects. To confirm the list source's belonging to the GPS class of objects one had to have both the instantaneous radio spectra in a wide frequency range, and the data on long-term variability. In our list 52% of objects turned out to be the most possible GPS sources, 10% are the sources with normal spectra and 38% – sources with flat spectra.

The two last groups are classified as GPS type objects erroneously due to the lack of a sufficient quantity of radio data (Fig. 78).

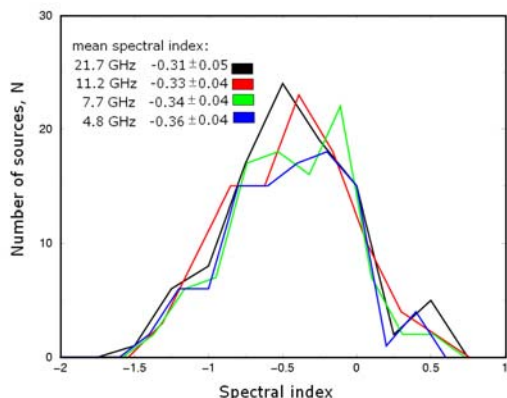
Отметим, что кандидаты в GPS-квазары имеют большее красное смещение и пиковую частоту, чем кандидаты в GPS-галактики. Последние демонстрируют компактную симметричную структуру чаще, чем кандидаты в GPS-квазары.

*М.Г. Мингалиев, Ю.В. Сотникова совместно с И. Торнианеном и Торниковски (Метсахови, Финляндия), Е. Валтаоей (Туорла, Финляндия).*

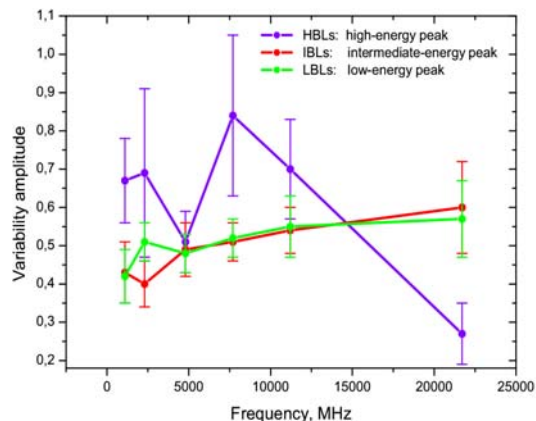
Note that the candidate GPS quasars have bigger redshifts and peak frequencies than the candidate GPS galaxies. The latter demonstrate compact symmetrical structures more often than the GPS quasar candidates.

*M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova in collaboration with I. Tornianen and M. Tornikoski (Metsähovi, Finland), E. Valtaoja (Tuorla, Finland).*

**Одновременные спектры лацертид**



**Simultaneous Spectra of BL Lacertae**



*Рис.79. Слева - распределение спектральных индексов для источников типа BL Lacertae: средний спектральный индекс у источников плоский и практически не меняется с частотой; справа - зависимость амплитуды переменности от частоты для всех исследуемых подклассов BL Lac источников: HBLs, IBLs and LBLs.*

*Fig. 79. Left: distribution of spectral indices for the BL Lacertae type objects: the mean spectral index of these objects is flat and practically doesn't change with frequency; right: frequency dependence of variability amplitude for all the studied subclasses of BL Lac objects: HBLs, IBLs and LBLs.*

Для учета вклада в СМВ изучается переменность объектов BL Lacertae и их спектры в радиодиапазоне. Проведены два цикла наблюдений (май-июнь, сентябрь 2008 г.) выборки источников источников типа BL Lac (99) всех подклассов: HBLs, IBLs и LBLs.

Большинство объектов списка имеют мало данных в радиодиапазоне. Получены мгновенные радиоспектры и спектральные характеристики источников (рис. 79, слева). Оценена их переменность на масштабе нескольких лет (рис. 79, справа). В этот период у двух объектов 0235+16 и 3C454.3 зафиксированы вспышки на высоких частотах (~20 ГГц).

*М.Г. Мингалиев совместно с М. Торниковским, А. Лахтенмяки и Е. Ниеполой (Метсахови, Финляндия), Е. Валтаоей (Туорла, Финляндия).*

The variability of BL Lacertae objects, and the spectra in the radio range are studied to evaluate the BL Lac objects contribution into the CMB. We conducted two cycles of observations (May-June, September 2008) of a sample of BL Lac type sources (99) from all the subclasses: HBLs, IBLs and LBLs. Most of the objects from the list have only a few data in the radio range. We obtained instantaneous radio spectra and spectral characteristics of the sources (Fig. 79, left). We evaluated their variabilities at the scales of several years (Fig. 79, right). During this period we registered flares of two objects, 0235+16 and 3C454.3 at high frequencies (~20 GHz).

*M.G. Mingaliev in collaboration with M. Tornikoski, A. Lähteenmäki and E. Nieppola (Metsähovi, Finland), E. Valtaoja (Tuorla, Finland).*

**Исследование спектральных характеристик и переменности радиисточников Северного полюса Мира**

Проанализированы многочастотные (1-21.7 ГГц) мгновенные спектры (рис. 80) полной по плотности потока выборки ( $S_{1.4ГГц} \geq 200$  мЯн) радиисточников

**A Study of Spectral Characteristics and Variability of the North Celestial Pole Radio Sources**

We analyzed the instantaneous multifrequency (1-21.7 GHz) spectra (Fig. 80) of the a sample of radio sources in the vicinity of the North Celestial pole,

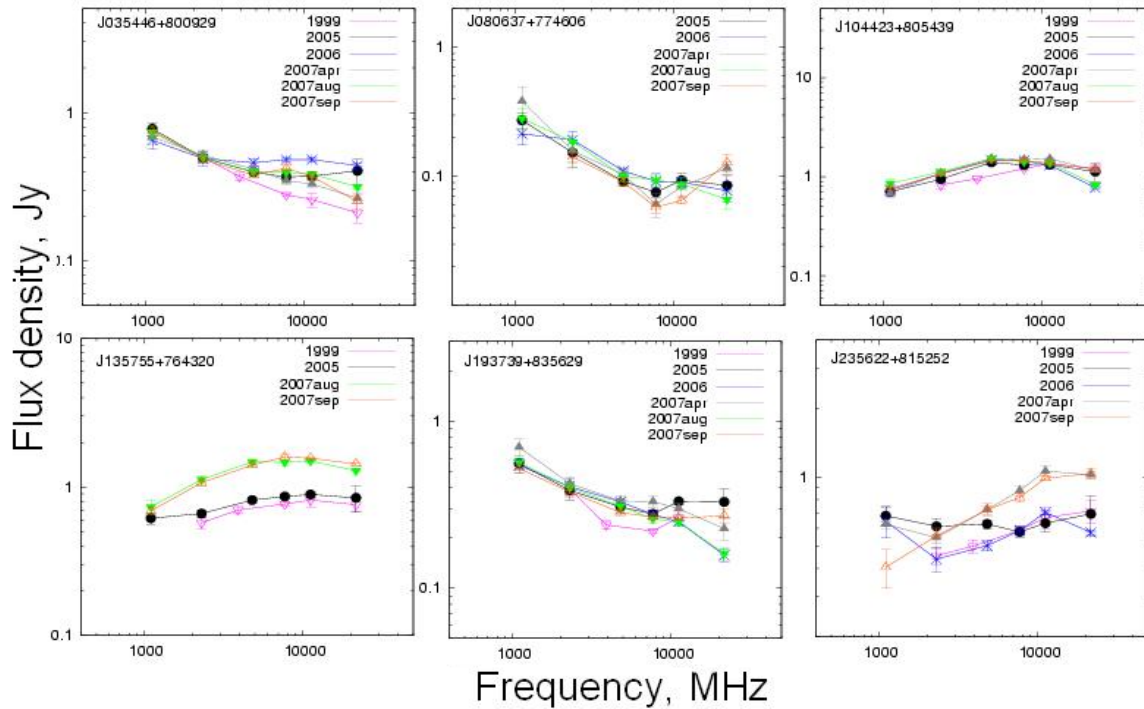


Рис. 80. Примеры радиоспектров объектов приполярной области для изучения переменности потока радиоизлучения и динамики спектра.

Fig. 80. Examples of radio spectra of the objects from the circumpolar region for the studies of radio emission flux variability and spectrum dynamics.

вблизи Северного полюса Мира  $75^\circ \leq \delta \leq 88^\circ$  (Отчет САО РАН 2004-2005, с.104), включающей 51 радиоисточник с  $\alpha \geq -0.5$ . 33 источника наблюдались в течение 30 дней ежедневно.

Результаты наблюдений выявили 15 объектов с быстрой переменностью в диапазоне суток и более. Оказалось, что такая переменность присуща объектам различных спектральных классов. Более чем у половины источников с быстрой переменностью наблюдается увеличение амплитуды переменности с ростом частоты (рис. 81).

$75^\circ \leq \delta \leq 88^\circ$  (see SAO RAS Annual Report 2004-2005, p.104), full with regards to the flux density  $S_{1.4\text{GHz}} \geq 200 \text{ mJy}$  including of 51 radio source with  $\alpha \geq -0.5$ . Thirty-three sources were observed during 30 days every day.

The observational results detected 15 objects with rapid variability at the scales of days and more. It appeared that such variability is intrinsic to the objects of different spectral classes. More than a half of sources with rapid variability demonstrate an increase in variability amplitude increasing the frequency (Fig. 81).

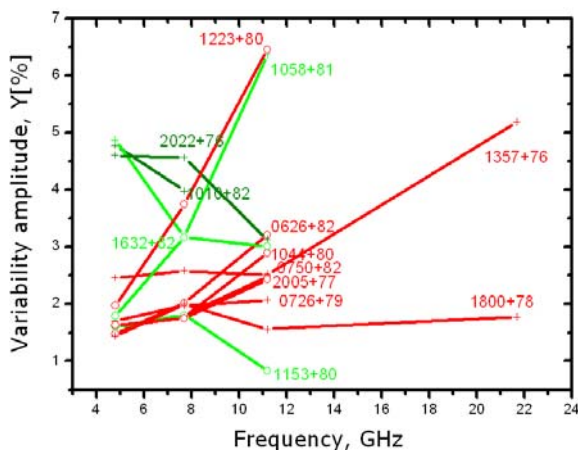


Рис. 81. Зависимость амплитуды переменности от частоты для источников выборки, обладающих переменностью радиоизлучения в диапазоне от суток и более; амплитуда переменности не превышает 7%.

Fig. 81. Frequency dependence of the variability amplitude for the sample sources, possessing radio emission variability on the scales of one day and over; the variability amplitude does not exceed 7%.

М.Г. Мингалиев, Ю.В. Сотникова совместно с Н.С. Кардашевым, М.Г. Ларионовым (АКЦ ФИАН).

M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova in collaboration with N.S. Kardashev, M.G. Larionov (ASC PIAS).

**Исследования остатка сверхновой G 65.3+5.7**

**Studies of the G 65.3+5.7 Supernova Remnant**

В G 65.3+5.7 обнаружена расширяющаяся со скоростью 15 км/с оболочка HI диаметром 44 пс (рис. 82). Ее возраст оценивается в  $0.8 \cdot 10^6$  лет, а мощность взрыва сверхновой  $\sim 3 \cdot 10^{50}$  эрг. По данным Vizier в области радиусом  $2.5^\circ$  от центра оболочки не обнаружено ни одной звезды класса O-B, так что она не связана со звездным ветром от горячих звезд. В этой же области обнаружено слабое рентгеновское излучение, возраст которого составляет 27500 лет, а мощность взрыва соответствующей ему сверхновой  $\sim 2 \cdot 10^{50}$  эрг.

An HI shell was discovered in the G 65.3+5.7. The shell with a diameter of 44 pc is expanding at the velocity of 15 km/s (Fig. 82). Its age is evaluated as  $0.8 \cdot 10^6$  yr, and the supernova explosion capacity as about  $3 \cdot 10^{50}$  erg. According to the Vizier data, in the region with the radius of  $2.5^\circ$  from the shell centre, no O-B-type stars were discovered, hence it is not linked with stellar wind from hot stars. In the same region we discovered a faint X-ray emission with the age of approximately 27 500 years, the explosion capacity of its corresponding supernova is about  $2 \cdot 10^{50}$  erg.

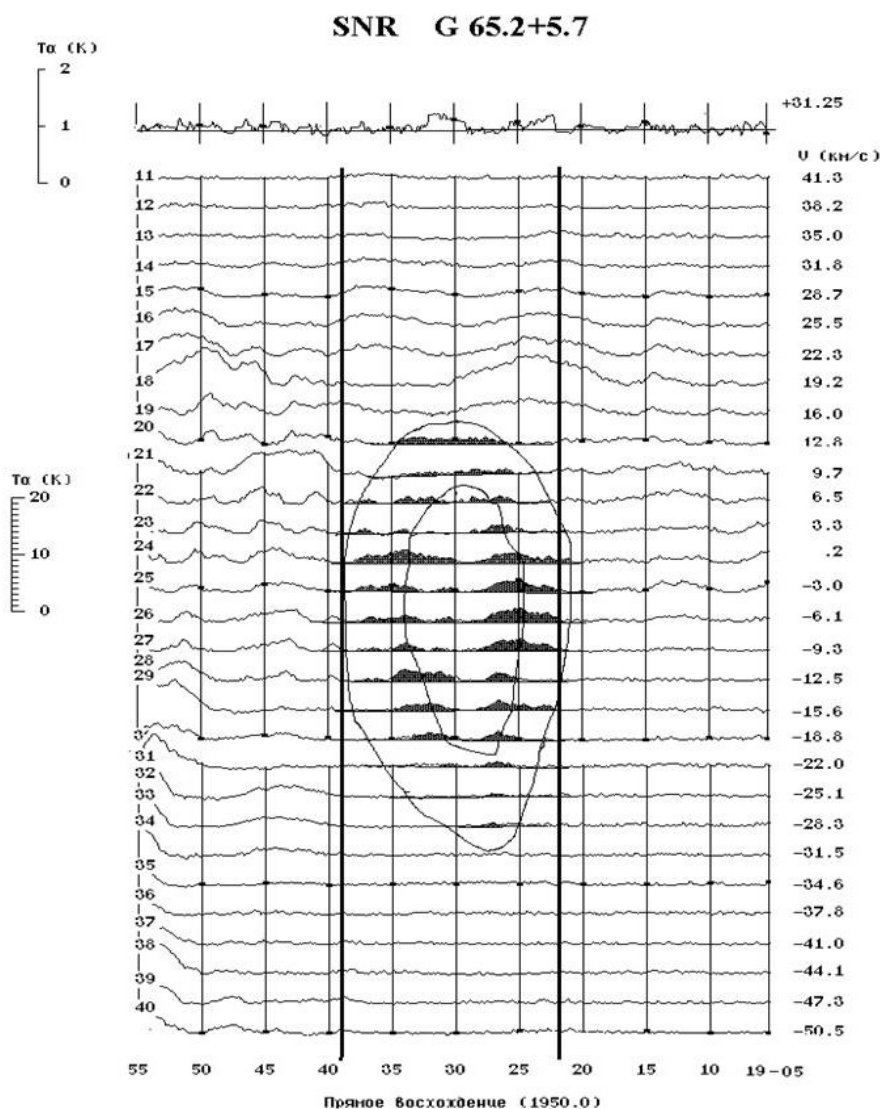


Рис. 82. Оболочка в G 65.3+5.7.

Fig. 82. Shell in the G 65.3+5.7.

Там же по излучению в линии OIII 5007 Å обнаружены еще несколько оболочек с промежуточными скоростями расширения, и, следовательно, с промежуточными значениями возрастов.

In the same region, several more shells with intermediate expansion velocities, and hence with intermediate ages, were discovered from the emission in the line OIII 5007 Å.

Мы полагаем, что для области остатка сверхновой G 65.3+5.7 характерны кратные взрывы сверхновых с возможной инициацией их друг другом.

*И.В. Госачинский, А.П. Венгер, З.А. Алферова.*

## СИНХРОННЫЙ МНОГОЧАСТОТНЫЙ МОНИТОРИНГ МИКРОКВАЗАРОВ

### Микроквazar Cyg X-3

В течение беспрецедентно длинного (2006-2008 гг., 500<sup>d</sup>) периода активности этой рентгеновской двойной системы зарегистрированы больше десяти вспышечных событий в диапазоне 1-30 ГГц (Отчет САО РАН 2006, с.76). Обнаружена положительная корреляция с аналогичными явлениями в разных диапазонах. Так в апреле 2008 г. мощная вспышка Cyg X-3 в радиодиапазоне четко коррелировала со вспышкой в жестком рентгеновском диапазоне (рис. 83). По нетепловому радиоизлучению (струйные выбросы из двойной системы) и тепловому излучению в рентгеновском диапазоне (RXTE и Swift/BAT) сделан вывод о тесной связи образования коллимированных релятивистских потоков вещества из центральных областей системы, которые сопровождаются кардинальной перестройкой структуры и энергетики аккреционного диска и горячей короны. В ноябре 2008 г. была зарегистрирована еще одна яркая вспышка микроквзара, которой предшествовало

We suppose that multiple supernova explosions with a possible mechanism of mutual initiation are typical for the G 65.3+5.7 supernova remnant region.

*I.V. Gosachinskij, A.P. Wenger, Z.A. Alferova.*

## SYNCHRONOUS MULTIFREQUENCY MICROQUASAR MONITORING

### Cyg X-3 Microquasar

During an unprecedentedly long (2006-2008, 500<sup>d</sup>) activity period of this X-ray binary system, more than ten flare events were registered in the range of 1-30 GHz (see SAO RAS Annual Report 2006, p.76).

A positive correlation was discovered with similar events in other ranges. For example, in April 2008, a powerful flare of Cyg X-3 in the radio range had a precise correlation with the flare in the hard X-ray range (Fig. 83).

Based on the data on nonthermal radio emission (jet ejections from the binary) and thermal radiation in the X-ray range (RXTE and Swift/BAT), we made a conclusion that there exists a close link between the formation of collimated relativistic fluxes of matter from the central regions of the system, followed by a cardinal structure rearrangement, and the energy of the accretion disk and the hot corona.

In November 2008, another bright flare of the microquasar was registered, which was preceded by the source's attenuation to 10-20 mJy.

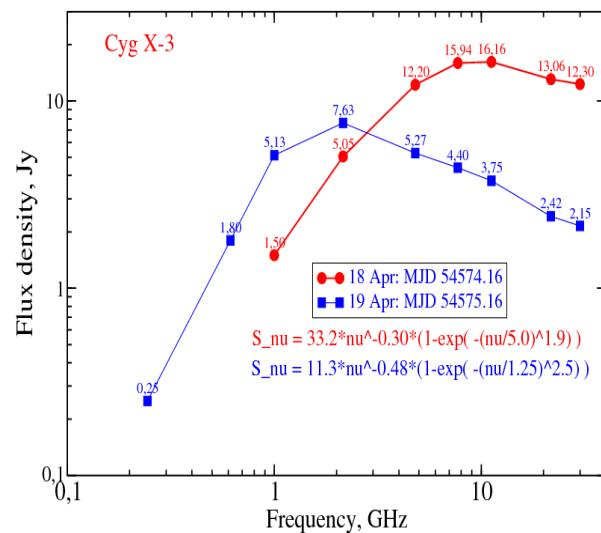
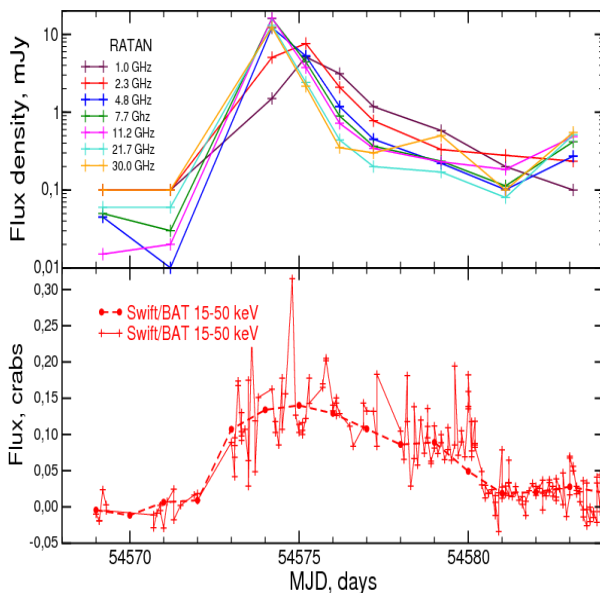


Рис. 83. Слева - наблюдения вспышечной активности Cyg X-3 в апреле 2008 г. (РАТАН-600 и Swift/BAT 15-50кэВ); справа - эволюция спектра вспышки на стадии роста.

Fig. 83. Left: observations of flare activity of Cyg X-3 in April 2008 (RATAN-600 and Swift/BAT 15-50 keV); right: evolution of the flare spectrum at the stage of growth.

затухание источника до 10-20 мЯн. Такое поведение объекта перед вспышкой: «спокойная фаза (100 мЯн) — замирание (10 мЯн) - вспышка (10Ян)», предполагает реализацию одного и того же

Such a behaviour of the object before the flare, «quiet phase (100 mJy) — fading (10 mJy) — flare (10Jy)», implies the realisation of one and the same mechanism of the jet ejection formation in the process of intensive

механизма зарождения струйного выброса в процессе интенсивной аккреции вещества звезды Вольфа-Райе на релятивистский объект — черную дыру или нейтронную звезду.

*С.А. Трушкин, Н.Н. Бурсов, Н.А. Низельский. ATel No 1881 (2008).*

accretion of a Wolf-Rayet star's matter on a relativistic object — a black hole or a neutron star.

*S.A. Trushkin, N.N. Bursov, N.A. Nizhelskij. ATel No. 1881 (2008).*

### Микроквазар GRS1915+105

В апреле 2008 г. у объекта наблюдалось мощное жесткое излучение в диапазоне 15-50 кэВ (Swift/BAT) и увеличение потока мягкого рентгена в 5-10 раз (до 2-12 кэВ). В соответствии с предсказаниями эволюционного трека по зависимости «жесткость-интенсивность» (HID) возникли условия формирования коротких струйных выбросов из системы. Они приводят к генерации относительно мощного радиоизлучения (рис. 84). Плоский спектр и незатухающий поток радиоизлучения ясно указывают на возобновляемую генерацию релятивистских частиц в джетах.

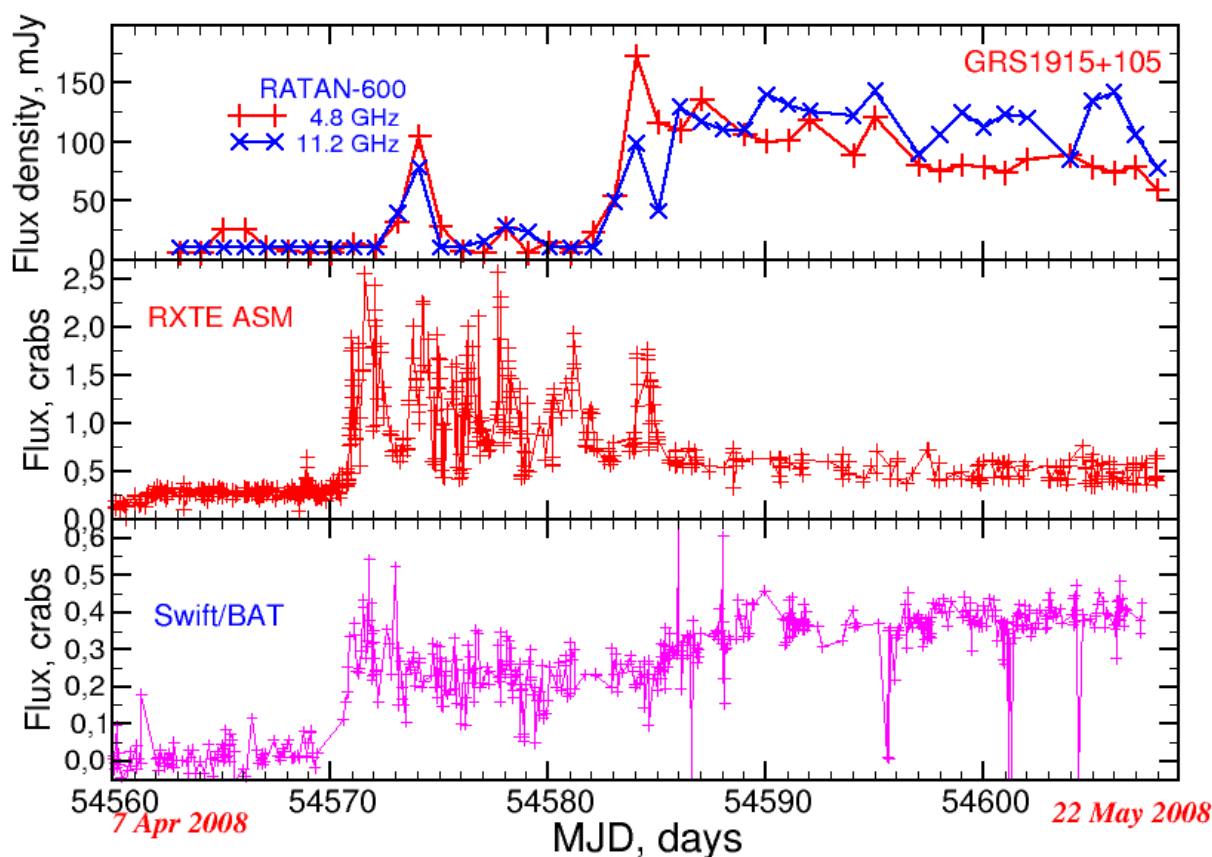
*С.А. Трушкин.*

### GRS1915+105 Microquasar

In April 2008 the object demonstrated powerful hard radiation in the range of 15-50 keV (Swift/BAT) and a 5-10 times increase of the soft X-radiation (up to 2-12 keV). According to the prognosis of the evolutionary track on the hardness-intensity diagram (HID), the conditions have arisen for the formation of short jet ejections from the system.

They lead to the generation of a relatively powerful radio emission (Fig. 84). The flat spectrum and a non-decaying radio emission flux clearly indicate the presence of renewable generation of relativistic particles in the jets.

*S.A. Trushkin.*

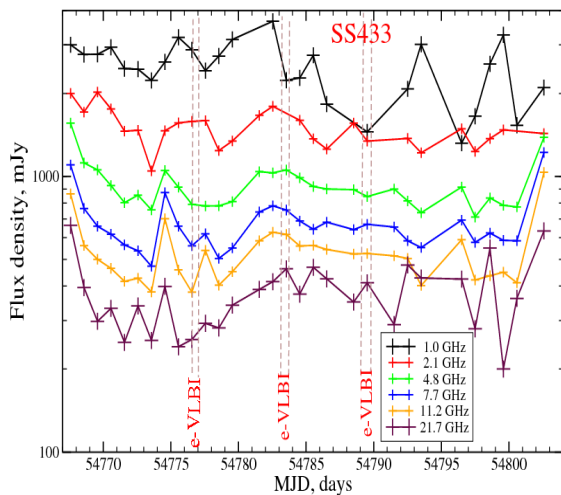


*Рис. 84. Вспышечная активность GRS1915+105 в апреле-мае 2008 г. в радиодиапазоне (РАТАН-600) и мягкой и жесткой части рентгеновского спектра (XTE и Swift/BAT).*

*Fig. 84. Flare activity of the GRS1915+105 in April-May 2008 in the radio range (RATAN-600) and in the soft and hard parts of the X-ray spectrum (XTE and Swift/BAT).*

## Радиокартографирование SS 433

28 октября 2008 г. была зарегистрирована мощная вспышечная активность объекта в диапазоне 1-22 ГГц. Затем 6 ноября был проведен 5-часовой сеанс РСДБ-картографирования объекта на частоте 5 ГГц системой e-VLBI, объединяющей около десяти европейских радиотелескопов.



## Radiomapping of SS 433

Powerful flare activity of the object was registered on the 28<sup>th</sup> of October 2008 in the 1-22 GHz band. Then on the 6<sup>th</sup> of November we performed a 5-hour long session of very long base-line interferometry (VLBI) mapping of the object at 5GHz using the e-VLBI technique, uniting around ten European radio telescopes.

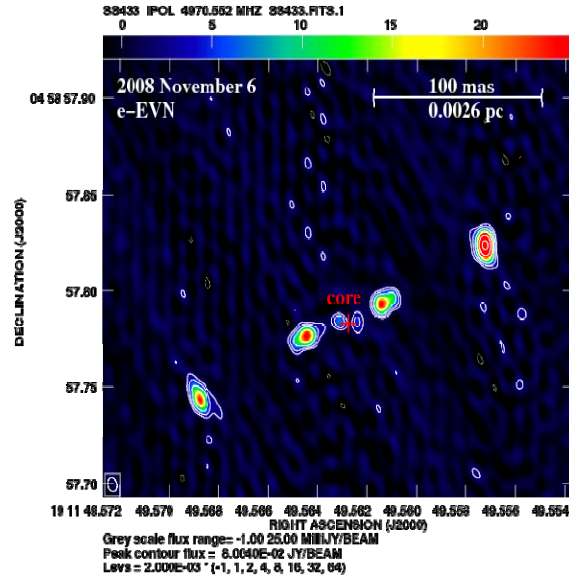


Рис.85. Слева - кривые блеска SS433 в ноябре 2008г. (PATAH-600); справа - и e-VLBI-карта на 5 ГГц, полученная 6 ноября 2008 г.

Fig. 85 Left: SS433 light curves in November 2008. (RATAN-600); right: an u e VLBI map at 5 GHz, obtained on 6 November 2008.

На изображении с разрешением около  $0.005''$ , что соответствует  $5 \cdot 10^{14}$  см на расстоянии до SS433 (5 кпк), видны три пары облаков релятивистских частиц, разлетающихся от центрального объекта, с моментами инжекции 24 октября, 3 ноября и 6 ноября (рис. 85, справа). Это объясняет уярчения полного потока на кривых блеска (рис. 85, слева). Анализ кинематики облаков указывает на определяющую роль взаимодействия струйных выбросов с окружающей средой, что приводит к сильной коллимации струи и удерживанию пузырей от бокового расширения. Центральный объект не обнаружен из-за сильного самопоглощения радиоизлучения в системе.

Были проведены еще два сета РСДБ-наблюдений с угловым разрешением  $\sim 0.05''$ . Новые временные и спектральные данные по рентгеновскому и радиоизлучению SS 433 значительно продвинули нас в понимании процессов образования мощных выбросов вещества из центральных областей микроквасаров и их взаимодействия с аккреционным диском и горячей короной.

С.А. Трушкин, Н.А. Нижельский совместно с В. Тудоши (UvA), З. Параги (JIVE, Голландия), Р. Фендером (Саунгемптон, Англия), Р. Спенсером (МРАО, Англия). ATel #1836, 1838.

The image with the resolution of around  $0.005''$ , which corresponds to  $5 \cdot 10^{14}$  cm at the distance to SS433 (5 kpc), shows three pairs of relativistic particle blobs, which fly apart from the core object with the ejection moments on 24 October, 3 November and 6 November (Fig. 85, right). This explains the rebrightening of the total flux in the light curves (Fig. 85, left).

An analysis of blob kinematics indicates the defining role of jet ejection interactions with the ambient media, which leads to a strong jet collimation and retention of blobs from the lateral expansion. The core object is not detected due to strong self-absorption of radio emission in the system.

We conducted two more sessions of VLBI observations with the resolution in direction of around  $0.05''$ . New temporal and spectral data on the X-ray and radio emissions of the SS 433 have considerably advanced our knowledge of the processes of formation of powerful matter ejections from the central parts of microquasars, and their interactions with the accretion disks and hot coronae.

S.A. Trushkin, N.A. Nizhelskij in collaboration with V. Tudose (UvA), Z. Paragi (JIVE, Netherlands), R. Fender (Southampton, UK), R. Spencer (JBO, UK). ATel No.1836, 1838.



**ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМОЛОГИЧЕСКОГО РЕЛИКТОВОГО ФОНА**

**STUDIES OF COSMIC RELIC BACKGROUND**

**Поиск предсказаний SUSY по данным обзора RZF**

**Looking for SUSY Predictions in the RZF Survey Data**

Поиск единой теории поля привел к вариантам SUSY, которые обеспечивают объединение с гравитацией, приводят к объединению сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий, решают проблему иерархий — одновременное существование больших и малых масс, создают недостающую темную материю во Вселенной.

A search for a unified field theory led to the SUSY (super symmetry) versions, which provide unification with gravity, that lead to an incorporation of strong, weak and electromagnetic interactions, solve the problem of hierarchies — a simultaneous existence of large and small masses, and create the missing dark matter in the Universe.

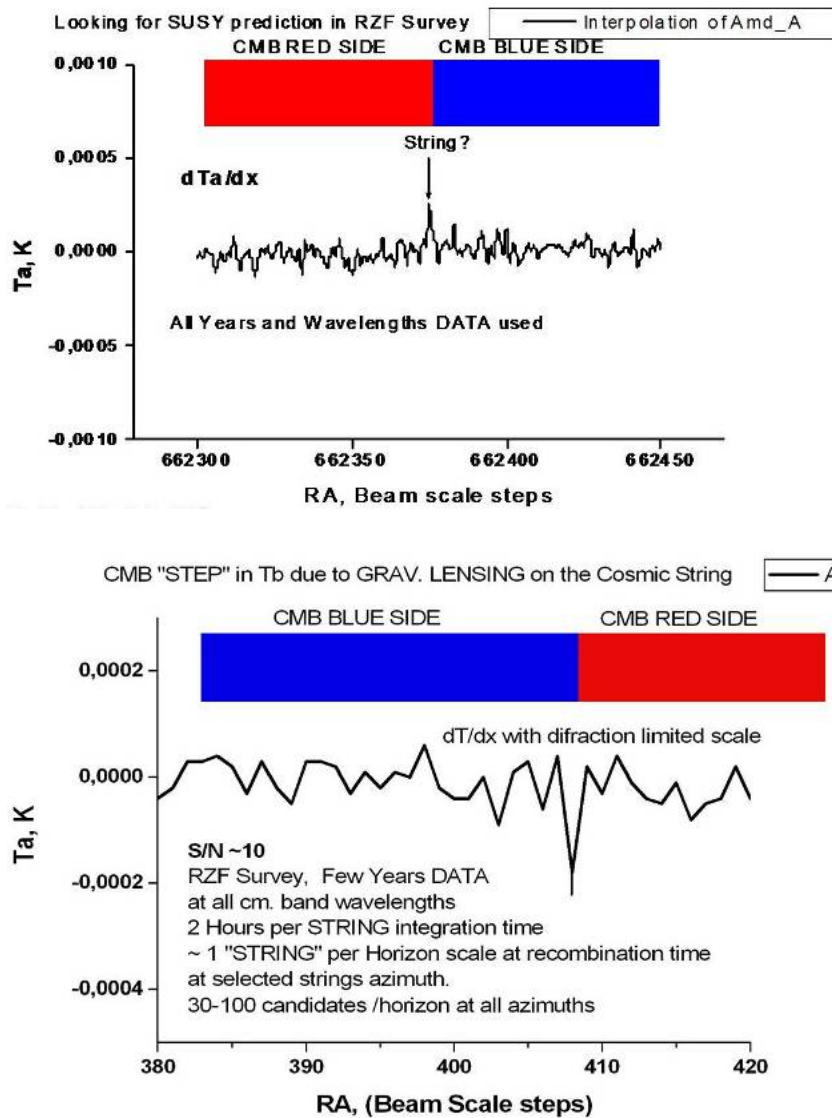


Рис. 86. Производная  $dT_a/dt$  от стрип-интегрированных данных обзора RZF. Ступеньки в CMB, возникающие на движущихся от эпохи инфляции струнах, дают антенный отклик как от точечного радиоисточника. Похожие эффекты видны в данных обзора RZF. Обработка всего массива данных дала возможность установить вклад струн в шум неба, который оказался значительно ниже прежних оценок.

Fig. 86. The  $dT_a/dt$  derivative from the strip-integrated RZF survey data. The steps in the CMB, appearing on the strings moving from the inflation epoch, give an antenna response as from a point source. Similar effects can be seen in the RZF survey data. Reduction of the entire data array gave an opportunity to evaluate the contribution of the strings into the sky noise, which turned out to be significantly lower than the previous estimates.

SUSY предсказывает существование одномерных гравитирующих структур (струн). Кайзер и Стеббинс предложили искать их по эффектам линзирования реликтового излучения. Наиболее разработанный вариант предсказывает наличие «ступенек» в СМВ. Это приводит к дополнительному шуму в фоновом излучении Вселенной.

Первые поиски в обзорах OVRO, VLA, WMAP не дали удовлетворительных результатов. Результаты обработки многолетних многочастотных данных глубокого двумерного обзора RZF позволила точнее оценить вклад струн в шумы СМВ. Мы предложили уйти от шума эпохи рекомбинации в область Силковского затухания на малые масштабы ( $L > 3000$ ), максимально использовать высокое разрешение и попытаться увидеть не статистический шум, а отдельные струны. По данным, приведенным на рисунке 86, можно указать верхний предел на роль M-теорий в формировании анизотропии СМВ. Он оказался много ниже, чем получено по данным WMAP.

Шум от струн, если они есть, много меньше шума адиабатических возмущений СМВ, и его роль в формировании крупномасштабной структуры Вселенной, скорее всего, несущественна. Привлечение данных с более высоким (секундным) разрешением позволит уточнить параметры M-теорий до наиболее интересных для этого варианта Единой физической теории уровней.

*Ю.Н. Парижский, Н.Н. Бурсов.*

### Амплитуда спектральных искажений СМВ

Методом численного моделирования обнаружен эффект многократного нелинейного усиления амплитуды спектральных искажений СМВ для нестационарных неравновесных условий в эпоху рекомбинации.

Наибольшую чувствительность к отклонениям от равновесия (различие температур вещества и излучения, нестационарность, пространственная неоднородность) имеет интенсивность линии бальмеровского континуума (современная длина волны 400-600 $\mu$ m). В зависимости от параметров неравновесности нелинейное усиление может быть на один-два порядка выше относительно линейного искажения.

Данный эффект открывает уникальную возможность исследовать быстропеременные процессы с малым энерговыделением. Это может дать информацию о наличии первичных черных дыр средних масс (между массой Солнца и массой ядра современной галактики), параметрах нестабильной скрытой массы, протообъектах звездных масс и процессах сопровождающих их гравитационную эволюцию.

*В.К. Дубрович совместно с С.И. Грачевым и В.Г. Романюком (СПбГУ).*

SUSY predicts existence of one-dimensional gravitating structures, or strings. Kaiser and Stebbins proposed to look for them considering the lensing effects of the relic radiation. The most elaborated version predicts the presence of «steps» in the CMB.

This leads to additional noise in the background radiation of the Universe.

The first search in the OVRO, VLA and WMAP surveys did not yield any satisfactory results. Results of reduction of long-term multiwavelength data of a deep two-dimensional RZF survey allowed more precise estimations of the string contribution in the CMB noise. We propose diverting from the recombination epoch noise to the region of Silk's damping on small scales ( $L > 3000$ ), to use high resolution to the maximum extent practicable, and to try to distinguish not the statistical noise, but individual strings. According to the data cited in Fig. 86, we can designate the maximum limit to the role of M-theories in the formation of the CMB anisotropy. It turned out to be much lower than the value obtained according to the WMAP data.

The noise from the strings, if it exists, is much lower than the noise of the CMB adiabatic perturbations, and its role in the formation of the large-scale structure of the Universe is, most likely, insignificant. Utilization of data with higher (per-second) resolution will allow refining the parameters of the M-theories to the levels most intriguing for this version of the Unified Physical Theory.

*Yu.N. Parijskii, N.N. Bursov.*

### Amplitude of Spectral Disturbances of CMB

Using the technique of numerical modelling we discovered the effect of multiple nonlinear amplitude gain of spectral disturbances of the cosmic microwave background for the nonstationary nonequilibrium conditions of the recombination epoch.

The intensity of the Balmer continuum line (present wavelength 400-600 $\mu$ m) has the highest sensitivity to the equilibrium deviations (temperature differences of the matter and radiation, nonstationarity, spatial irregularity).

Depending on the nonequilibrium parameters, the nonlinear gain may be one or two orders higher with respect to the linear disturbance.

This effect opens a unique possibility to study the fast variable processes with low energy generation. This may yield some information on the presence of primary intermediate mass black holes (between the solar mass and the mass of a contemporary galactic nucleus), the parameters of unstable hidden masses, stellar mass proto-objects and the processes accompanying their gravitational evolution.

*V.K. Dubrovich in collaboration with S.I. Grachev and V.G. Romanuyk (Saint-Petersburg State University).*

**Моделирование наблюдений СМВ**

В рамках программы «Генетический код Вселенной» продолжают работы по моделированию наблюдений СМВ (Отчет САО РАН 2006, с. 73) и обработка данных на длинах волн 1.38, 2.7, 3.9 и 6.2 см для восстановления сигнала и оценки спектра мощности анизотропии СМВ на малых масштабах. Измерены уровни реликтового и галактического излучений на частотах 2.3, 4.85, 7.7, 11.2, 21.7 и 30 ГГц и произведены оценки радиометрического шума по данным обзора RZF.

Для комплекта радиометров МАРС (30 ГГц) оценивался уровень шума для разного времени накопления. За основу были взяты карты синхротронного, свободно-свободного и пылевого излучения из модели для миссии PLANCK. Кроме спектра мощности, полученного путем прямого интегрирования по всей небесной сфере, вычислялся спектр мощности по картам, на которых была исключена область плоскости Галактики (рис. 87).

Дальнейший прогресс в чувствительности ожидается в связи с введением большой фокальной матрицы МАРС-3, увеличением времени накопления до 3-х лет и введением оптимальной ширины фильтра  $dl/l$  на высоких гармониках.

*Н.Н. Бурсов совместно с В.И. Столяровым (Кембридж, Великобритания).*

**Modelling of the CMB Observations**

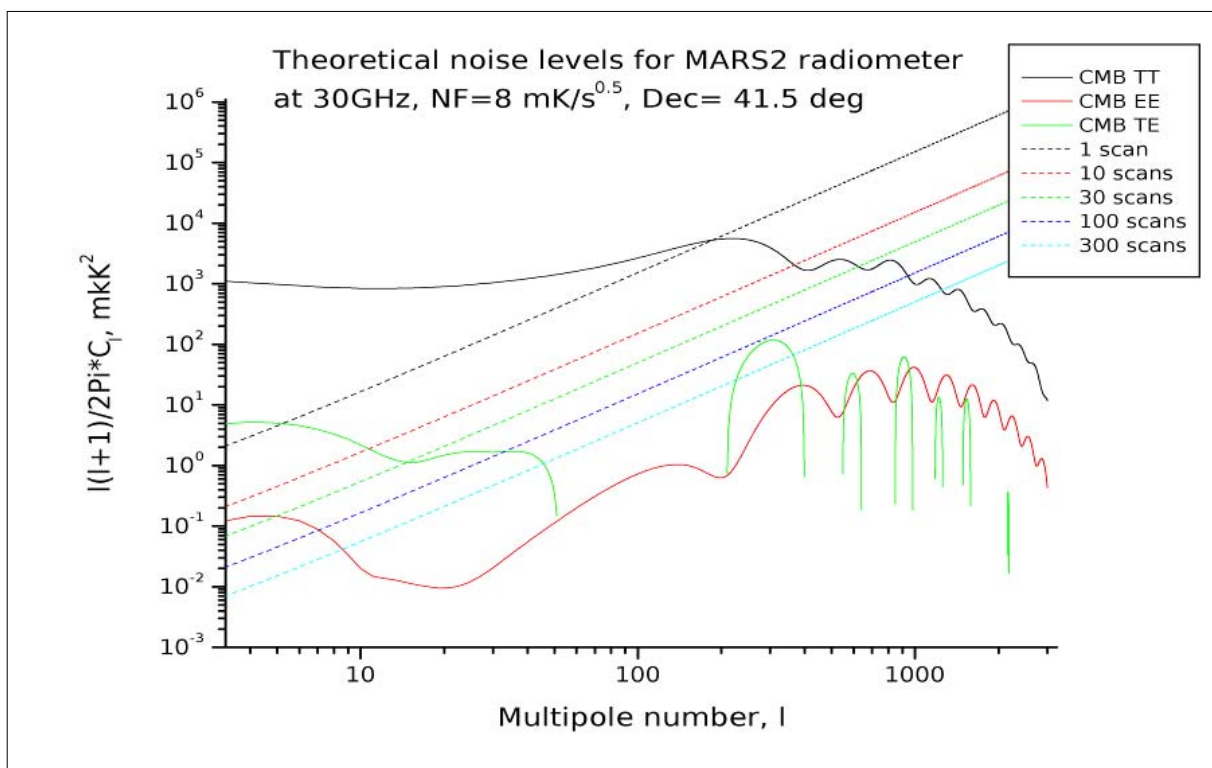
Within the framework of the Genetic Code of the Universe program the work is ongoing on simulating the CMB observations (see SAO RAS Annual Report 2006, p. 73), and reducing the data at 1.38, 2.7, 3.9 and 6.2 sm wavelengths for the signal deconvolution and for evaluating the CMB anisotropy power spectrum at small scales. We measured the levels of relic and galactic radiation at 2.3, 4.85, 7.7, 11.2, 21.7 and 30 GHz, and evaluated the radiometric noise according to the RZF survey data.

We evaluated the noise level for different integration times for the set of radiometers MARS (30 GHz).

We took the maps of synchrotron, free-free and dust radiation from the PLANCK mission model as a basis. Besides the power spectrum, obtained via direct integration throughout the entire celestial sphere, we computed the power spectrum from the maps, where the Galactic plane region was eliminated (Fig. 87).

The further progress in sensitivity is expected due to the implementation of a big focal matrix of the MARS-3, an increase of integration time up to 3 years, and setting the optimum filter width  $dl/l$  in the high harmonics.

*N.N. Bursov in collaboration with V.I. Stolyarov (Cambridge, UK).*

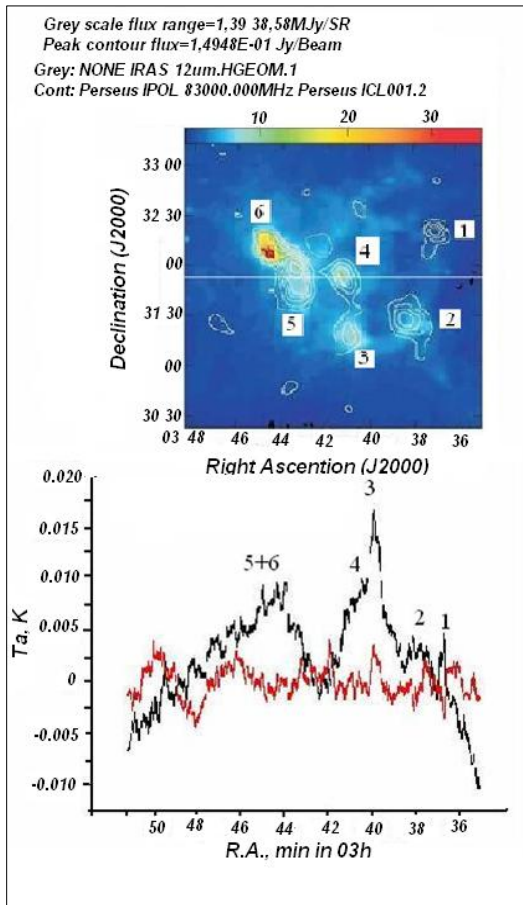


*Рис. 87. Спектр мощности СМВ и уровень шума радиометра МАРС-2 на 30 ГГц при различном времени накопления сигнала.*

*Fig. 87. CMB power spectrum and the MARS-2 radiometer noise at 30GHz taken different signal accumulation time.*

### Оценка роли дипольного излучения макромолекулы

Ионизация макромолекул космическими лучами или фотонами приводит к дипольному радиоизлучению в сантиметровом диапазоне. Проведены наблюдения газопылевого облака в Персее. Процент поляризации по наблюдательным данным оказался значительно меньше предсказанного (рис. 88).



### Evaluation of the Role of Macromolecule Dipole Emission

Macromolecule ionization by the cosmic rays or photons leads to dipole radio emission in the centimetre range. We have conducted observations of a cloud of dust and gas in the Perseus constellation. The polarisation percentage according to the empirical data turned out to be much lower than the predicted one (Fig. 88).

Рис. 88. Верхний рисунок - на изображениях IRAS (100 μm) для пылевых облаков в Персее контуром нарисованы данные VSA, цифрами обозначены возможные области максимального дипольного излучения макромолекул ("Spinning dust"). Прямая линия - разрез области наблюдений на РАТАН-600 (λ6.2 см), приведенный на нижнем рисунке. Красная линия - наблюдения, черная - модельные данные.

Fig. 88. Top: on the IRAS images (100 μm) for the dust clouds in the Perseus the contours indicate the VSA data; the numbers mark the possible regions of maximal dipole radiation of the macromolecules ("Spinning dust"). The straight line marks the section of the observed region on the RATAN-600 (λ6.2 cm), shown in the bottom panel of the figure. Red line represents the observations, black line is the modelling data.

Вне плоскости Галактики по данным RZF на λ1.38 см получен верхний предел, где ожидается максимум радиоизлучения от «Spinning Dust». Он оказался много ниже прогнозируемого значения (~600°K).

Таким образом, вклад макромолекул в фоновое радиоизлучение неба в интенсивности и поляризации на высоких галактических широтах не мешает наземным наблюдениям в окне прозрачности земной атмосферы, а на центральных частотах миссии PLANCK их вклад еще меньше.

T.A. Semenova.

### К проблеме корреляции квадруполь реликтового излучения и фоновых компонент

Проанализированы причины высокой корреляции квадруполь реликтового излучения с

According to the RZF data at λ1.38 cm, outside the Galactic plane we obtained the upper limit where the maximum of radio emission from the «Spinning Dust» is expected to be found. It appeared to be much lower than the prognosticated value of ~600°K.

Hence, the macromolecule contribution into the background radio emission of the sky in the intensity and polarization at high galactic latitudes does not disturb ground-based observations in the atmospheric transparency window, and at the central frequencies of the PLANCK mission their contribution is even smaller.

T.A. Semenova.

### To the Problem of Correlation of the Relic Radiation and the Background Components Quadrupoles

We analysed the reasons of high correlation of the relic radiation quadrupole with the background components

квадруполем фоновых компонент (рис. 89) по данным WMAP, обработанных методом внутренней линейной комбинации (ILC – стандартный метод, используемый в эксперименте WMAP).

Оказалось, что высокая корреляция сигнала СМВ и мешающих фоновых компонент определяется знаком в моде  $m=0$  квадруполь. Методом Монте-Карло проанализированы  $10^4$  моделей реликтового излучения и его восстановления по методу ILC (Эриксоном и др., 2004). Оказалось, что для 50% реализаций квадруполь СМВ моды  $m=0$  со знаком, эквивалентным знаку фоновой компоненты, квадруполь исходных карт имеют противоположный с восстановленными картами знак.

quadrupole (Fig. 89) according to the WMAP data, processed using the internal linear combination technique (ILC – a standard method, used in the WMAP experiment).

It appears that high correlation of the CMB signal and the disturbing background components is determined by the sign in the  $m=0$  quadrupole mode. Using the Monte-Carlo method we analysed  $10^4$  relic radiation models and its reconstruction using the ILC technique (Ericson et al., 2004). It appeared that for 50% of the CMB quadrupole realisations of the  $m=0$  mode with the sign, equivalent to the sign of a background component, the quadrupoles of the original maps have the sign, opposite to that of the reconstructed maps.

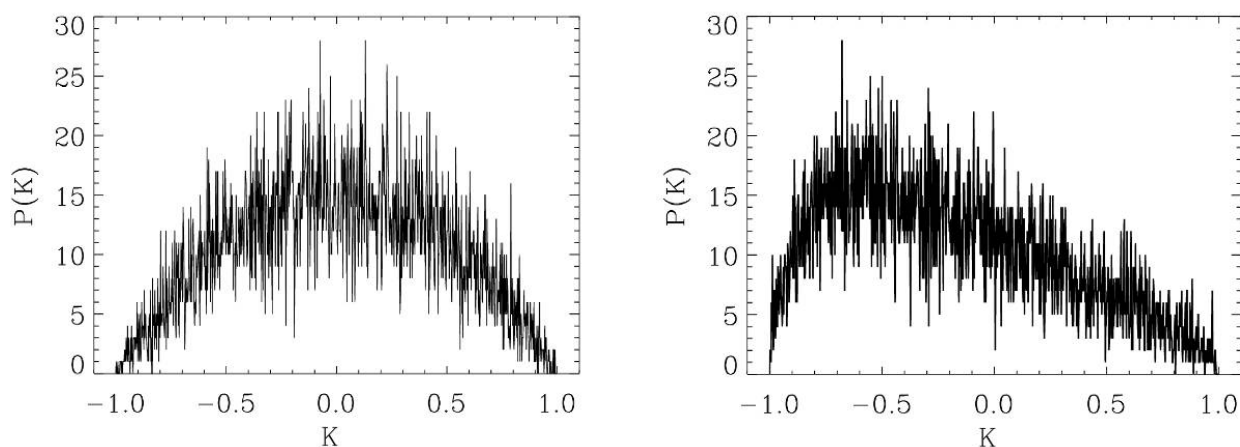


Рис. 89. Обнаружение байеса в методе восстановления сигнала СМВ для  $10^4$  реализаций. Слева - распределение корреляционных коэффициентов моделированного сигнала и суммы фонов. Справа - распределение корреляционных коэффициентов моделированного сигнала после суммирования с галактическими фонами.

Fig. 89. Finding a bias in the CMB signal reconstruction technique for  $10^4$  of realisations. Left: distribution of correlation coefficients of the modelled signal and the background sum. Right: distribution of correlation coefficients of the modelled signal after the accumulation with the galactic backgrounds.

Если сохранить спектр мощности для квадруполь WMAP ILC(III) и изменить знак моды  $m=0$ , то получим коэффициент корреляции  $< 10\%$ , при этом уменьшается в 5-6 раз уровень кросс-корреляций. Подобный эффект наблюдается как для октуполя, так и для сферических гармоник с номерами  $L=5,7,9$ . Байес в карте СМВ ILC связан с коэффициентом кросс-корреляции  $K(l)$  истинного СМВ и фоновой компоненты излучения для каждого мультиполя  $l$ . Анализ кросс-корреляций для квадрупольной и октупольной компонент карт ILC WMAP также обнаруживает корреляции на уровне  $\sim 0.52-0.6$ .

If we retain the power spectrum for the WMAP ILC(III) quadrupole, and change the sign of the  $m=0$  mode, we obtain the correlation coefficient  $< 10\%$ , while the level of cross-correlations decreases by 5-6 times. A similar effect is observed both for the octupole, and for the spherical harmonics with the numbers of  $L=5,7,9$ . The bias in the CMB ILC map is connected to the cross-correlation coefficient  $K(l)$  of the true CMB and the background radiation component for each multipole  $l$ . Analysis of cross-correlations for the quadruple and octupole components of the ILC WMAP maps as well finds correlations at the level of approximately 0.52-0.6.

Проанализирована возможность исправления байеса в карте ILC СМВ. Оказалось, что восстановление реального байеса является весьма проблематичным из-за космической вариации сигнала.

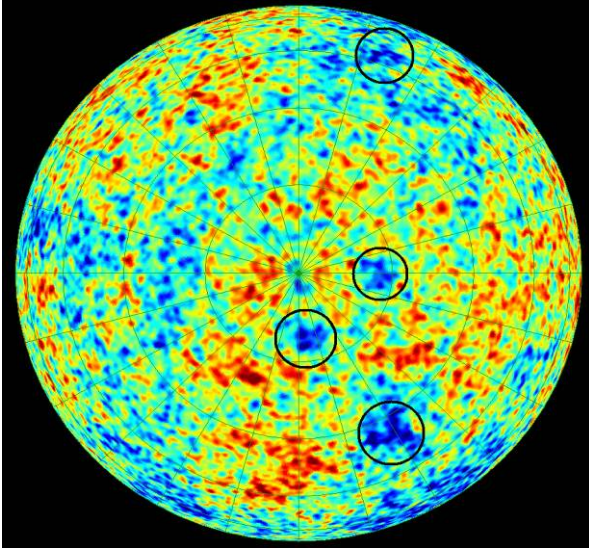
We analysed the possibility of correcting the bias in the ILC WMAP map. It appeared that the reconstruction of a real bias is quite problematic due to the cosmic variation of the signal.

О.В. Верхованов совместно с П.Д. Насельским и М. Ниелсеном (Институт им. Нильса Бора, Копенгаген).

O.V. Verkhodanov in collaboration with P.D.Naselskij and M. Nielsen (NBI, Copenhagen).

## Холодное пятно на картах миссии WMAP

Методом кластерного анализа обработаны данные миссии WMAP в области аномального Холодного пятна (Cold Spot) с галактическими координатами  $l=209^\circ$ ,  $b=-57^\circ$ .



Пятно ассоциируется с большой группой экстремумов, что говорит о статистической неоднородности карты, особенно проявляющейся к югу от Галактической плоскости. Это пятно с повышенным числом прилежащих экстремумов не является единственным (рис. 90). Форма Холодного пятна полностью определяется мультиполями в интервале  $10 \leq L \leq 20$ , соответствующим угловым масштабам  $5^\circ$ - $10^\circ$ . Присутствие этого сигнала приводит к модуляции излучения по всему небу и наблюдается в картах СМВ, например, на  $|b| > 30^\circ$ . После вычитания модуляции оставшаяся часть фона на рассматриваемых мультиполях получается статистически однородной (гауссовой). Таким образом, наличие Холодного пятна скорее отражает пекулярное поведение низко-мультипольной части сигнала СМВ, чем локальный дефект или глобальную анизотропию.

*В.О. Верходанов совместно с П.Д. Насельским, П. Р. Кристенсенем, Я. Кимом (NBI, Копенгаген), П. Коулсом (Кардифский Университет, Уэльс), Д.И. Новиковым (Империл Колледж, Лондон, АКЦентр ФИАН).*

## Метод мозаичного корреляционного картографирования

Разработан метод мозаичного корреляционного картографирования на сфере в двумерном и одномерном вариантах. С его помощью построены одномерные сечения карт WMAP: ILC и фоновых компонент (синхротронного, свободно-свободного излучения и излучения пыли) и исследованы их корреляционные свойства на различных угловых масштабах. Обнаружены значимые корреляции

## A Cold Spot on the WMAP Mission Maps

We have performed a cluster analysis of the data releases from the WMAP mission in the region of the anomalous Cold Spot (CS) at galactic latitude  $b=-57^\circ$  and longitude  $l=209^\circ$ .

*Рис. 90. Поиск пятен на сфере по распределению числа экстремумов. Выделяются пятна, вокруг которых существует повышенное число экстремумов. Приведены примеры таких пятен.*

*Fig. 90. A search for the spots on the sphere from the distribution of the extrema number. The black circles mark the positions of the spots around which there is an increased number of extrema.*

The spot is associated with a large group of extrema, which indicates the statistical irregularity of the map, especially apparent to the South from the Galactic plane. This spot, with an increased number of extrema is not the only one (Fig. 90). We have discovered that the shape of the Cold Spot is formed primarily by the components of the CMB signal represented by multipoles between  $10 \leq L \leq 20$ , corresponding to the angular scales of  $5^\circ$ - $10^\circ$ . The presence of this signal leads to an emission modulation across the entire sky and is seen on the CMB maps, for example, at  $|b| > 30^\circ$ . The demodulated CMB signal on the multipoles considered looks like a statistically uniform (Gaussian) signal. Therefore, the presence of the Cold Spot reflects the peculiarities of the low-multipole tail of the CMB signal, rather than a single local (isolated) defect or a manifestation of a globally anisotropic model.

*O.V. Verkhodanov in collaboration with P.D. Naselsky, P.R. Christensen, J. Kim (NBI, Copenhagen), P. Coles (University of Cardiff, Wales, UK), D.I. Novikov (Imperial College, London, ASC PIAS).*

## Method of Tessellated Correlation Mapping

We evaluated a technique of tessellated correlation mapping on the sphere in two and one-dimensional versions. With its aid we constructed one-dimensional WMAP map sections: ILC and background components (synchrotron, free-free emission and dust radiation) and studied their correlation properties at different angular scales. We discovered significant correlations of the ILC map sections with the maps of galactic background

сечений карты ILC и карт галактических фоновых компонент на склонении DEC=41°.

Рассмотрены одномерные сечения карт WMAP ILC и распределения радиоисточников обзора NVSS на масштабах 0.75, 3, 4.5, 6.75 градусов и исследованы их корреляционные свойства. На картах выделены области, где абсолютная величина коэффициента корреляции превышает 0.5. Координаты областей каталогизированы. Количество таких зон соответствует модельным картам для случайного распределения сигнала СМВ, что может свидетельствовать о простом статистическом совпадении расположения этих зон в картах фона и объектов NVSS.

*О.В. Верходанов, М.Л. Хабибуллина, Е.К. Майорова, Ю.Н. Парижский. Astrophysical Bulletin, 63, 366 (2008).*

### ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА В РАДИОДИАПАЗОНЕ

#### On-line анализ многоволновых наблюдений Солнца

Создан центр анализа многоволновых наблюдений Солнца <http://www.spbf.sao.ru/prognoz/>, которым выполняется автоматический сбор и обработка наблюдательных данных спектрографа на облучателе №3, а также радиогелиографов ССРТ (Россия) и Нобейама (Япония), магнитографа MDI (SOHO).

components on the declination DEC=41°.

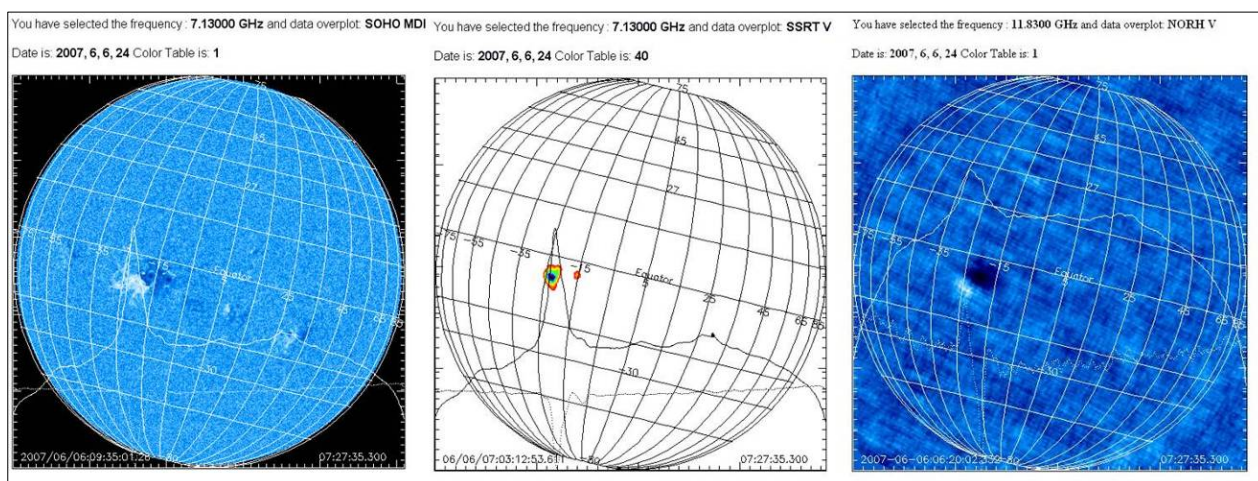
We considered one-dimensional WMAP ILC map sections and radio source distributions of the NVSS surveys at the scales of 0.75, 3, 4.5, 6.75 degrees, and studied their correlation properties. We separated the map regions, where the absolute value of the correlation coefficient exceeds 0.5. We catalogued the coordinates of these regions. The number of such zones corresponds to the modelled maps for random CMB signal distribution, which may indicate a simple statistical match of the location of these zones on the maps of the CMB and the location of the NVSS survey objects.

*O.V. Verkhodanov, M.L. Khabibullina, E.K. Mayorova, Yu.N. Parijskij. Astrophysical Bulletin, 63, 366 (2008).*

### RADIO RANGE STUDIES OF THE SUN

#### On-line Analysis of the Multiwavelength Observations of the Sun

A centre for the analysis of multiwavelength observations of the sun was created at <http://www.spbf.sao.ru/prognoz/>. It conducts automated collection and reduction of the observational data from the spectrograph from the Feed Cabin 3, as well as from the CCPT (Russia) and Nobeyama (Japan) radioheliographs, and a magnetograph MDI (SOHO).



*Рис. 91. Наложение скана (RATAN-600) на выбранной частоте на двумерное изображение Солнца, полученное на других инструментах.*

*Fig. 91. Superimposition of the scan (RATAN-600) at the selected frequency on a two-dimensional Sun image, obtained with other instruments.*

Реализовано разнообразное отображение данных для анализа и сопоставления результатов многоволновых наблюдений (рис. 91). С помощью программного обеспечения центра выполняются модельные расчеты физических параметров активных областей. Они включают дипольную аппроксимацию магнитного поля для пятен и

We implemented diverse data representation of the multiwavelength observations (Fig. 91).

With the aid of the centre's software the model computations of the physical parameters of the active regions are performed. They include dipole approximations of the magnetic field at the coronal altitudes for the spots and loop structures, the

петельных структур на корональных высотах, расчеты характеристик радиоизлучения отдельных радиоисточников (температуры, плотности излучения и магнитного поля). Обработка данных и моделирование проводится в on-line режиме.

*С.Х. Тохчукова, Т.И. Кальтман, В.М. Богод, С.В. Балдин, Е.В. Модин.*

### **Долгоживущие микровсплески в дециметровом диапазоне длин волн и их связь с шумовыми бурями**

Впервые проведено статистическое исследование долгоживущих микровсплесков (МВ) в дециметровом диапазоне, которые наблюдались в интенсивности и круговой поляризации с чувствительностью  $\sim 5-10$  Ян. Поток МВ лежит в диапазоне 0.001-0.1 с.е.п., степень поляризации – от 10% до 100%, продолжительность индивидуальных импульсов  $\sim 1-2$  секунды. Микровсплески могут проявляться в одной и той же активной области в течение нескольких дней.

Выполнено сопоставление МВ с шумовыми бурями в метровом диапазоне (NS). Весьма вероятно, что МВ являются проявлением NS в дециметровом диапазоне. Проанализирована возможная причина существенного различия потоков радиоизлучения между МВ и NS. В рамках единой модели генерации радиоволн для МВ и NS оказывается, что МВ связаны с некогерентным механизмом генерации ленгмюровских волн в отличие от всплесков I типа. Излучение МВ по своему характеру ближе к континуальному излучению шумовых бурь, но в силу высокого темпаpitch угловой диффузии оно имеет импульсный характер.

*В.М. Богод совместно с Л.В. Ясновым и А.Г. Ступишиным (СПбГУ).*

### **Модель трехмерной горячей петли**

Модельные расчеты теплового циклотронного излучения простейшей трехмерной горячей петли (тора) показали, что она может внести заметные изменения в характеристики излучения солнечной активной области на сантиметровых и дециметровых волнах. Проведен анализ условий, для которых спектр излучения активной области, содержащей корональную петлю, становится сложным, а именно, с несколькими максимумами или сравнительно узкополосными циклотронными линиями, с неоднократной сменой знака поляризации по диапазону. В моделировании использовались: структура магнитного поля, величина электронной концентрации, размер петли, положение источника на диске.

Получены двумерные распределения яркостных температур на разных длинах волн для обыкновенной и необыкновенной мод, спектральные зависимости яркостной температуры в

computations of radio emission characteristics of separate radio sources – the temperatures, densities of radiation and of the magnetic field. Both data reduction and modelling are performed in the on-line mode.

*S.Kh. Tokhchukova, T.I. Kaltman, V.M. Bogod, S.V. Baldin, E.V. Modin.*

### **Long-Living Decimetre-Wave Microbursts and Their Connection With Noise Storms**

For the first time we performed a statistical study of the long-living microbursts (MB) in the decimetre range, which were observed in the intensity and circular polarization with sensitivity of around 5-10 Jy. The MB flux is found in the range of 0.001-0.1 solar flux units, its polarization level is from 10% to 100%, the duration of individual pulses is approximately 1-2 seconds. The microbursts may be seen in one and the same active region during several days.

We performed a comparison of MBs with the noise storms (NS) in the metre range. It is quite possible that MBs are the manifestations of the NSs in the decimetre range. We analysed possible reasons of the substantial difference of the radio emission fluxes between the MBs and NSs. Within the framework of a unified radio wave generation for the MBs and NSs, it appears that the MBs are linked with an incoherent mechanism of Langmuir wave generation as opposed to the I-type bursts. The MB radiation is conceptually closer to the continuum radiation of the noise storms, but due to the high rate of the angular diffusion pitch, the MB radiation has an impulse character.

*V.M. Bogod in collaboration with L.V. Yasnov and A.G. Stupishin (SPSU).*

### **Model of a Three-Dimensional Hot Loop**

Modelling calculations of the thermal cyclotron radiation of a simplest three-dimensional hot loop (a torus) have shown that it may bring considerable changes in the radiation characteristics of solar active regions at centimetre and decimetre wavelengths.

We made an analysis of the conditions for which the active region emission spectrum, containing a coronal loop, becomes complex, namely, with several maxima or relatively narrow-band cyclotron lines, with multiple polarization sign changes throughout the range.

We used the following parameters in the modelling: magnetic field structure, electron concentration value, size of the loop, position of the source on the disk.

We obtained two-dimensional distributions of brightness temperatures at different wavelengths for the usual and unusual modes, the spectral dependencies of brightness temperature in fixed points of the loop, as



фиксированных точках петли, а также интегральные характеристики потока и поляризации излучения.

Ожидаемое распределение поляризации по источнику в рассматриваемой модели сравнивается с результатами наблюдений на РАТАН-600 активной области AR 7962 12-14 мая 1996 г., в которой эффект инверсии поляризации имел характеристики, близкие к расчетным.

*Е.Я. Злотник, Т.И. Кальман, О.А. Шейнер. Письма АЖ, 33, 168 (2007); Письма АЖ, 33, 327 (2007).*

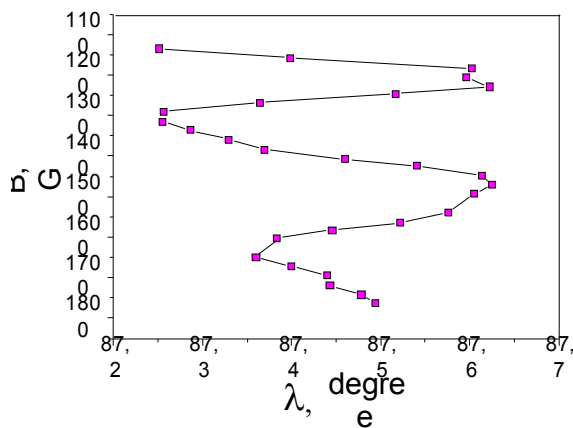
**Обнаружение спиральной высотной структуры магнитного поля над пятном**

Для исследований солнечной короны с помощью нового спектрального комплекса высокого разрешения (3-18 ГГц) разработан метод построения высотной структуры коронального магнитного поля. С его помощью выполнены высокоточные координатные (лучше 1") и поляризационные многоволновые наблюдения циклотронного излучения пятен.

Была обнаружена высотная спиральная структура магнитного поля над стабильным пятном в активной области АО 0953. Существование таких структур объясняет природу большой протяженности тонких арок, в которых осуществляется перенос энергии с помощью МГД-волн. Тонкие арочные структуры регулярно наблюдаются в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах на космических аппаратах.

*В.М. Богод, Т.И. Кальман.*

**О вертикальной структуре магнитного поля в активных областях Солнца на корональных высотах**



well as total characteristics of the flux and radiation polarization.

The expected polarization distribution by source in the model considered is compared with the results of observations on the RATAN-600 of the active region AR 7962 on 12-14 May 1996, in which the effect of polarization inversion had the characteristics, close to the estimated ones.

*E.Ya. Zlotnik, T.I. Kalman, O.A. Sheiner. Azh Letters, 33, 168 (2007); Azh Letters, 33, 327 (2007).*

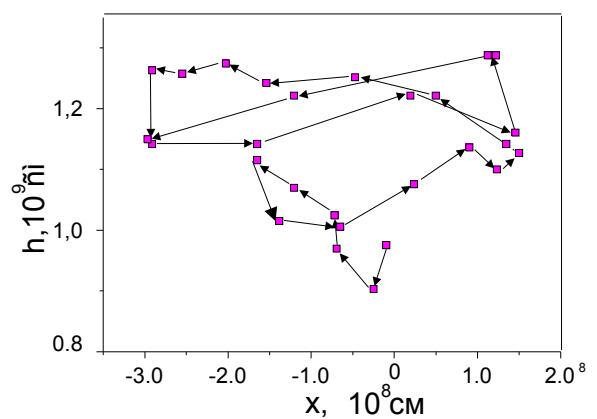
**Detection of a Magnetic Field High-altitude Spiral Structure Over a Spot**

For the studies of the solar corona with the new high-resolution spectral complex (3-18 GHz) we elaborated a technique of building high-altitude structures of the coronal magnetic field. With its aid we performed high accuracy coordinate (over 1") and polarization multiwavelength observations of the cyclotron spot radiation.

We discovered a high-altitude spiral structure of the magnetic field over a stable spot in the active region AR 0953. The presence of such structures explains the nature of the high extent of thin arcs, where the energy transfer is made via the magnetohydrodynamic waves. Thin arc structures are regularly observed in the X-ray and ultraviolet ranges with the space-based instruments.

*V.M. Bogod, T.I. Kaltman.*

**On the Vertical Structure of the Solar Active Region Magnetic Field at Coronal Heights**



*Рис. 92. Структура силовой трубки магнитного поля для AR NOAA 0953. Слева - монотонная зависимость магнитного поля от долготы. Справа - зависимость высоты h от долготы на фотосфере x. Из сопоставлений рисунков видно, что силовая трубка распространяется вверх по спирали, шириной около 0.4 градуса (около 4 сек. дуги).*

*Fig. 92. The structure of the magnetic field tube for the active region AR NOAA 0953. Left: a monotonic dependence of the magnetic field strength on the longitude. Right: a dependence of the height h from the longitude on the photosphere x. A comparison of the two dependencies shows that the field tube is propagating with height in the form of a spiral with the width of about 0.4 degrees (about 4 arc seconds).*

Разработан метод оценки вертикальной структуры магнитного поля в солнечных образованиях, находящихся на диске Солнца. Он основан на измерениях высот активных областей, перемещающихся по диску Солнца при его вращении, путем сопоставления точных измерений координат на уровне фотосферы (оптические данные) и на уровнях нижней короны (многоволновые спектральные измерения интенсивности и поляризации микроволнового радиоизлучения). Учет отклонений вращения пятен и широтных изменений угловой скорости вращения Солнца позволяет определить наклон силовой трубки магнитного поля (рис.92). Магнитные поля напряженностью около 600 Гс находятся на достаточно больших высотах в атмосфере Солнца (до 40-50 тысяч км), что хорошо согласуется с наблюдениями в ультрафиолете и рентгене, по которым расходимость силовых трубок мала (не более 20-30% в вершинах магнитных петель).

*В.М. Богод совместно с Л.В. Ясновым (СПбГУ).*

We elaborated a technique for estimating the vertical structure of the magnetic field in the solar features, located on the disk of the Sun. It is based on the measurements of the heights of active regions, that move across the solar disk while it rotates, via comparisons of accurate coordinate measurements at the level of the photosphere (optical data), and at the levels of the lower corona (multiwavelength spectroscopic measurements of the intensity and polarization of the microwave radio emission). Taking account of the deviations of spot rotation and of the latitudinal variations of the solar rotation angular velocity allows determining the tilt of the magnetic field tube (Fig. 92). Magnetic fields with strengths of about 600G are located at sufficiently large heights in the solar atmosphere (up to 40-50 thousand km), which is in good agreement with the ultraviolet and X-ray observations, implying a small divergence of field tubes (by no more than 20-30% at the tops of magnetic loops).

*V.M. Bogod in collaboration with L.V. Yasnov (SPSU).*