

РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

RADIO ASTRONOMY INVESTIGATIONS

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ АНИЗОТРОПИИ ФОНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ

STUDY OF SMALL-SCALE ANISOTROPY OF THE COSMIC BACKGROUND RADIATION

Получен не имеющий аналога массив данных по исследованию анизотропии 3К-излучения с высоким угловым разрешением (до 5") на длине волны 1 см с чувствительностью, сравнимой с WMAP, но на масштабах не доступных миссии. Для повышения чувствительности использовался метод атмосферной чистки. На рис. 39 приведен пример двумерной чистки, где на плоскости «время-масштаб» (t, l) хорошо видны области аномального шума. Одиночный 24-часовой скан разложен по пространственным масштабам l . При удалении этих областей из массива данных ощутимо повышается отношение сигнал/шум.

We obtained a unique data array for the study of anisotropy of the 3K radiation with a high angular resolution (down to 5") at the wavelength 1 cm with a sensitivity comparable with that of WMAP, but at scales which are inaccessible for the mission. To increase sensitivity a method of atmosphere cleaning was used. Fig. 39 shows an example of the two-dimensional cleaning, where the regions of anomalous noise in the plane «time-scale» (t, l) are seen well. The single 24-hour scan is expanded by spatial scales l . When these regions are removed from the data array, the signal/noise ratio increases perceptibly.

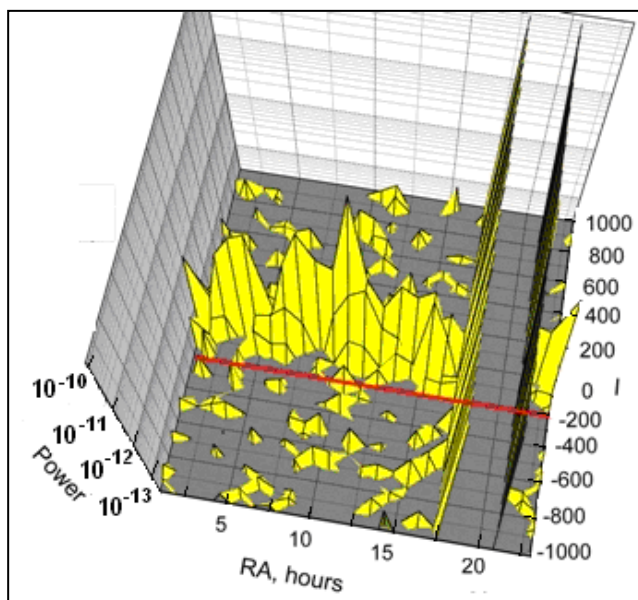


Рис. 39. Области аномального шума атмосферы для одиночного скана на малых значениях l ($l < 100$) и его проникновение на более высокие пространственные частоты, до $l = 1000$ и более. Удаление части данных должно привести к более качественной оценке средних характеристик шума Вселенной.

Fig. 39. The regions of anomalous atmosphere noise for a single scan at small values of l ($l < 100$) and its penetration to higher spatial frequencies up to $l = 1000$ and more. Removal of a part of data should lead to a more high-quality estimation of average characteristics of noise of the Universe.

Область неба многочастотного обзора определялась из условия малости aberrаций (близко к местному зениту), наличием достаточно сильного опорного объекта малого углового размера (3C 84) и оптимальной шириной по склонению (оптимум между временем накопления на элемент разрешения и статистическим шумом, «cosmic variance»). Выбранная нами ширина около 2° позволяет надеяться на удовлетворительный результат для достаточно малых угловых масштабов наиболее интересных для проекта ($l > 1000$).

The sky area of the multi-frequency survey was determined by the condition of small aberration (close to the local zenith), the availability of a sufficiently strong reference object of small angular size (3C 84) and an optimum width in declination (the optimum between accumulation time per a resolution element and statistical noise, «cosmic variance»). We have chosen the width of about 2 degrees which allows us hoping for a satisfactory result for sufficiently small angular scales which are the most interesting for the project ($l > 1000$).

Полученные многочастотные данные будут использоваться для выделения частотно-зависимых компонент на центральных волнах эксперимента Planck. Особо глубокие оценки мощности синхротронного шума на космологически интересных масштабах получены на дециметровых волнах. Достигнуты ограничения на микроградусном уровне по антенной температуре в пересчете на мм волны. Это важно для разделения видов шумов, наблюдаемых

The obtained multi-frequency data will be used for selecting frequency-dependent components at central wavelengths of the Planck experiment. The especially deep estimations of the power of synchrotron noise at cosmologically interesting scales were obtained at decimeter wavelengths. Limitations at the microdegree level of antenna temperature in terms of mm wavelength were achieved. This is important for division between the kinds of noise observed with the

миссией Planck. Большая собирающая площадь РАТАН-600 позволила оценить гораздо точнее вклад дискретных радиисточников в шумы неба на волне 1 см. Получены более глубокие оценки гравитационного шума на масштабах скоплений галактик (SZ-confusion) на масштабах, недоступных миссии Planck ($l > 2500$). Этот материал предполагается использовать для предельно глубокого поиска эффектов «струн», предсказываемых N мерными космологиями в некоторых теориях «Великого Объединения» всех видов взаимодействия. Основные наблюдения в 2012г. были связаны с накоплением данных по мелкомасштабной поляризации фонового излучения Вселенной.

Ю.Н. Парижский, М.Г. Мингалиев, В. Столяров,
Н.Н. Бурсов, Т. Семенова, А.В. Темирова, О.В. Верходанов,
Е.К. Майорова.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОКРУЖЕНИЯ РАДИОГАЛАКТИКИ С $Z=4.51$ ПО ГЛУБОКИМ СНИМКАМ В ОПТИЧЕСКОМ И ИК-ДИАПАЗОНЕ

Оценка массы черной дыры мощной радиогалактики RC J0311+0507 по интегральной радиосветимости на 1.4 ГГц получилась $\approx 10^9 M_{\odot}$. Для RCJ0311+0507 имеются глубокие снимки в $[V]_{AB} \sim 25.6^m$, $[R]_{AB} \sim 26.6^m$, $[I]_{AB} \sim 26.8^m$ полосах и среднечастотных фильтрах SED607, SED665, SED707, полученные на БТА, наблюдения на телескопе UKIRT ($[K]_{AB} \sim 23.4^m$), а также наблюдения на SUBARU в $[B]_{AB} \sim 26.1^m$, $[R]_{AB} \sim 27.1^m$, $[I]_{AB} \sim 27.3^m$ полосах и узкополосном фильтре NL671.

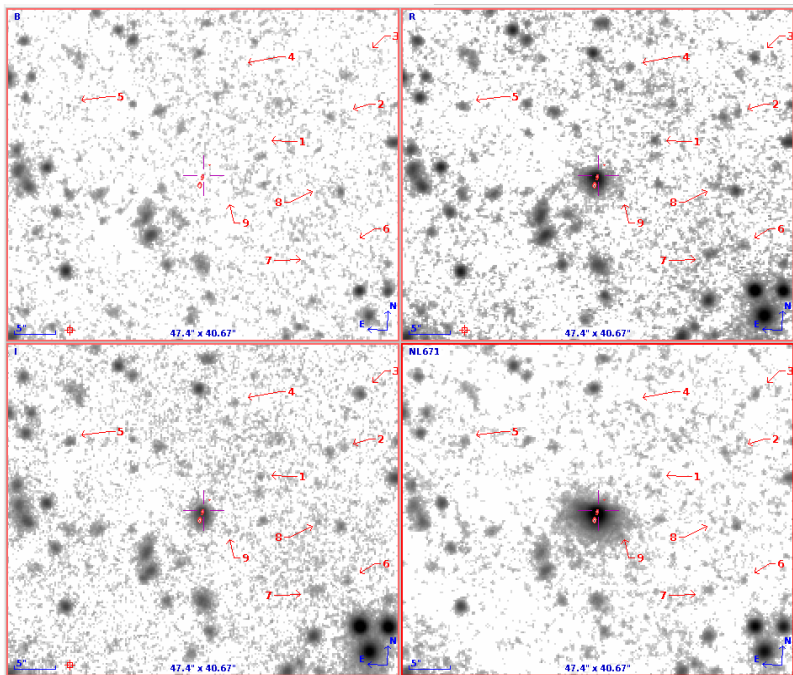


Рис. 40. Изображения (Subaru) области ($\sim 50''$) родительской галактики (в центре) радиисточника RC J0311+0507 ($4C +04.11$). Отмечены кандидаты в далекие объекты, которые отсутствуют на кадре в фильтре B. Верхний ряд: полоса B (5400s, 0.8'') и R (3600s, 0.7''); нижний ряд: I (3600s, 0.8'') и NL671 (24000s, 0.6'').

Fig. 40. Images (Subaru) of the area ($\sim 50''$) near the host galaxy (in the center) of the radio galaxy RC J0311+0507 ($4C +04.11$). Distant object candidates which absent on the B-band image are marked. The top row: B band (5400s, 0.8'') and R (3600s, 0.7''); the bottom row: I (3600s, 0.8'') and NL671 (24000s, 0.6'').

Для исследования окружения родительской галактики радиисточника проведена обработка имеющихся данных. Оценка плотности объектов по сумме кадров в полосах (БТА/SCORPIO) R, I и SED665 ($AB_{lim} \sim 26.8^m$) для области размером $2.5''$, центрированной на

Planck mission. The large gathering area of RATAN-600 allowed us estimating much more precisely the contribution of discrete radio sources to sky noises at the wavelength 1 cm. We obtained deeper estimations of gravitational noise at the scale of galaxy clusters (SZ-confusion) which is inaccessible for the Planck mission ($l > 2500$). It is supposed to use this material for a limit-deep search for «string» effects predicted by the N-dimensional cosmologies in some theories of «Grand Unification» of all interaction types. The basic observations of 2012 were related with accumulation of data on small-scale polarization of the cosmic background radiation.

Yu.N. Parijskij, M.G. Mingaliev, V. Stolyarov,
N.N. Bursov, T. Semenova, A.V. Temirova,
O.V. Verkhodanov, E.K. Majorova.

STUDYING ENVIRONMENT OF A RADIO GALAXY WITH $Z=4.51$ BY DEEP OPTICAL AND IR IMAGES

The mass of black hole in the powerful radio galaxy RC J0311+0507 was estimated from integral radio luminosity at 1.4 GHz as $\approx 10^9 M_{\odot}$. For RCJ0311+0507 there are deep images in the bands $[V]_{AB} \sim 25.6^m$, $[R]_{AB} \sim 26.6^m$, $[I]_{AB} \sim 26.8^m$ and intermediate band filters SED607, SED665, SED707 obtained with BTA, $[K]_{AB} \sim 23.4^m$ (UKIRT) and SUBARU in the bands $[B]_{AB} \sim 26.1^m$, $[R]_{AB} \sim 27.1^m$, $[I]_{AB} \sim 27.3^m$ and the narrow band filter NL671.

For the purpose of studying environment of the radio source host galaxy the available data were processed. The estimation of density of objects from the sum of images in BTA/SCORPIO bands R, I and SED665 ($AB_{lim} \sim 26.8^m$) for an area of size $2.5''$ centered to the

положение радиисточника, получилась $27.9/\square'$, что на 3σ выше по сравнению с оценками ($24.2\pm 1.0/\square'$) $3\text{-}\sigma$ площадок такого же размера, взятых на этом же кадре. Для К-фильтра подсчеты дали превышение на 1.5σ ($28.0/\square'$ и $24.4\pm 2.4/\square'$). Отметим, что в проведенной на Spitzer ($[3.6\mu\text{K}]_{\text{AB}}=22.6^{\text{m}}$, $[4.5\mu\text{K}]_{\text{AB}}=22.9^{\text{m}}$) поисковой программе CARLA (Clusters Around Radio-Loud AGN) по исследованию окружения радиоизлучающих AGN (Wylezalek, D. et al 2013ApJ...769...79W) для RCJ0311+0507 получилось $13.1/\square'$, что соответствует 3σ -превышению плотности объектов в SpUDS (Spitzer UKIDSS Ultra Deep Survey) $\Sigma_{\text{SpUDS}}=8.3\pm 1.6/\square'$.

При визуальной инспекции изображений из архива Subaru обнаружены близкие к радиогалактике объекты, которые отсутствуют в полосе В (завал блеска в фильтре В для объектов с $z>4$), но имеются в R и/или I, NL671 фильтрах. В области $\sim 1\square'$ имеется 9 объектов (рис. 40), причем половина из них есть в фильтре NL671 (кандидаты в Ly α -эмиттеры на $z\sim 4.5$).

Ю.Н. Парийский, О.П. Желенкова, А.В. Темирова, И.В. Соколов, В.Н. Комарова, А.С. Москвитин.

ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОКВАЗАРА ЛЕБЕДЬ X-3

Гамма-изучение высоких энергий во время гигантских радиовспышек. Микроквazar Лебедь X-3 один из немногих галактических двойных систем излучает гамма-лучи с энергиями выше 100 МэВ, как впервые обнаружено на спутниках AGILE и Ферми.

На основании данных по гигантским радиовспышкам, зарегистрированным на РАТАН-600 генерация этих гамма-лучей происходит в основании релятивистского струйного выброса вещества, вызывающего рост радиопотока Cyg X-3 в несколько сотен раз. Явная корреляция гамма-излучения с потоком радиоизлучения и жестких рентгеновских лучей указывает на лептонное происхождение излучения высоких энергий. Необычное поведение Лебеда X-3 находит объяснение в редком сочетании звезды Вольфа-Райе и черной дыры в этой рентгеновской двойной.

С.А. Трушкин, Н.А. Нижельский, П.Г. Цыбулев, Г.В. Жеканис.

Мониторинг и обнаружение сверхорбитальной модуляции. В течение 2012 года микроквazar Cyg X-3 находился в спокойном состоянии. Тем не менее, усредненные потоки заметно менялись в течение этого периода. Обнаружено существование сверхорбитальной модуляции кривых блеска с периодом $\sim 100^{\text{d}}$ дней и ее субструктуры (двухгорбая средняя кривая блеска). Сама природа спокойного радиоизлучения Cyg X-3 не совсем ясна. Скорее всего, это - некоторая компактная зона над аккреционным диском, возможно на границе короны диска и околозвездной среды. На границе короны действует квазипостоянный генератор релятивистских частиц. Совершенно не ясно, что может вызывать повторяющиеся на шкале 100 дней (при орбитальном периоде всего 5 часов) вариации радиопотока.

С.А. Трушкин, Н.А. Нижельский, П.Г. Цыбулев.

radio source location turned out to be $27.9/\square'$, which is 3σ higher in comparison with estimations ($24.2\pm 1.0/\square'$) of three areas of identical size taken in the same frame. Note that the search program CARLA (Clusters Around Radio-Loud AGN) of the study of environment of radio-emitting AGNs (Wylezalek, D. et al 2013ApJ...769...79W) fulfilled with Spitzer ($[3.6\mu\text{K}]_{\text{AB}}=22.6^{\text{m}}$, $[4.5\mu\text{K}]_{\text{AB}}=22.9^{\text{m}}$) gave the result $13.1/\square'$ for RCJ0311+0507, which corresponds to the 3σ excess of density of objects in SpUDS (Spitzer UKIDSS Ultra Deep Survey) $\Sigma_{\text{SpUDS}}=8.3\pm 1.6/\square'$.

Visual inspection of the images from the Subaru archive revealed objects close to the radio galaxy, which are absent from the B band (the B-dropout effect), but are present in the R and/or I, NL671 filters. In the area $\sim 1\square'$ there are 9 objects (Fig. 40), a half of them being present in the filter NL671 (candidates to Ly α -emitters at $z\sim 4.5$).

Yu.N. Parijskij, O.P. Zhelenkova, A.V. Temirova, I.V. Sokolov, V.N. Komarova, A.S. Moskvitin.

STUDY OF THE MICROQUASAR CYGNUS X-3

High-energy gamma-ray emission during huge radio bursts. The microquasar Cygnus X-3 is one of the few galactic binary systems which radiates gamma-rays with energy higher than 100 MeV, as was first discovered with the satellites AGILE and Fermi. On the basis of data on huge radio bursts registered with RATAN-600, generation of these gamma-rays occurs at the base of relativistic jet of matter causing the Cyg X-3 radio flux increase of several hundreds of times. The obvious correlation between gamma-ray emission and radio flux testifies the lepton origin of the high-energy emission.

An unusual behavior of Cyg X-3 can be explained by a rare combination of a Wolf-Rayet star and a black hole in this X-ray binary.

S.A. Trushkin, N.A. Nizhelsky, P.G. Tsybulev, G.V. Zhekanis.

Detection and monitoring of superorbital modulation. During 2012 the microquasar Cyg X-3 was in a quiet state. Nevertheless, the averaged fluxes were changing noticeably during this period.

A superorbital modulation of light curves with a period of about 100^{d} and its substructure (an average double-peak light curve) were detected. The nature of the quiet radio emission of Cyg X-3 is not quite clear. Most probably, this is a compact zone over the accreting disk, maybe at the boundary between the disk corona and circumstellar medium. This means that a quasicontant generator of relativistic particles operates at the corona boundary. It is not clear yet what can cause variations of radio flux repeating on a scale of 100 days, the orbital period being 5 hours only.

S.A. Trushkin, N.A. Nizhelsky, P.G. Tsubulev.

МОНИТОРИНГ SS433

THE MONITORING OF SS433

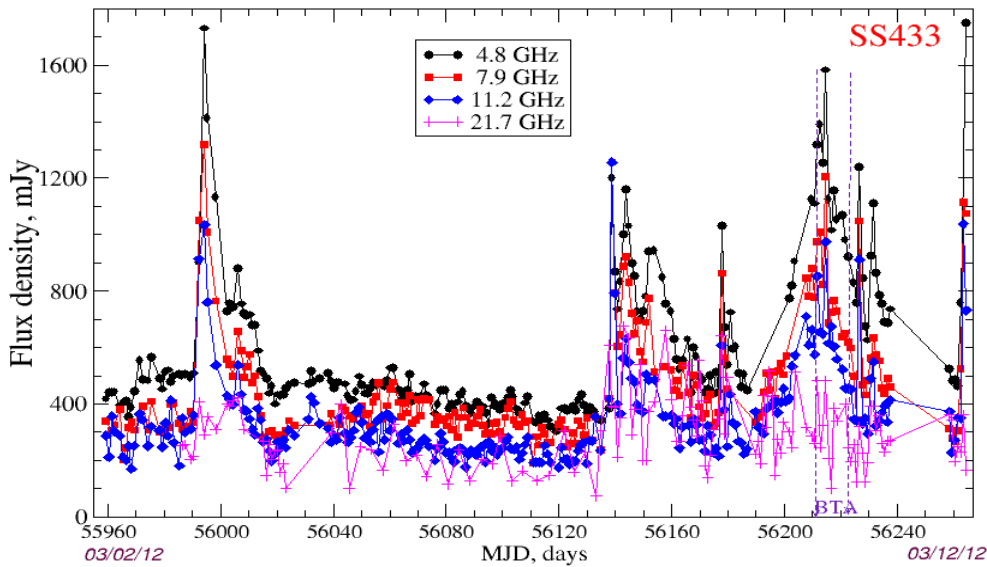


Рис. 41. Кривые блеска, измеренные на РАТАН-600 в 2012 г.

Fig. 41. Light curves measured with RATAN-600 in 2012.

В июле начался период вспышечной активности микроквара SS433. В октябре 2012 г. была обнаружена очень яркая вспышка с потоком на 5 ГГц около 1.7 Ян. Спектр характеризовался оптически тонким синхротронным степенным спектром со спектральным индексом -0.8 , что несколько круче, чем в спокойном состоянии. Если судить по всем циклам мониторинга SS433, проведенным на РАТАН-600 и GBI(США), то можно отметить, что с 1979 г. таких ярких вспышек было не больше десяти. На основе данных в спокойном состоянии подтверждена 6.5^d модуляция радиопотока на всех частотах, обусловленная нутацией струйных выбросов.

С.А. Трушкин, Н.А. Нижельский, П.Г. Цыбулев.
Astronomer's Telegram, #4484 (2012).

МНОГОЧАСТОТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАДИОСВОЙСТВА ОБЪЕКТОВ ТИПА BL LACERTAE

Блазары - редкий подкласс активных ядер галактик (АЯГ). Эти объекты характеризуются быстрыми вариациями интенсивности электромагнитного излучения, спектральное распределение энергии имеет максимум в инфракрасном диапазоне, отсутствием эмиссионных линий в оптическом спектре, сильными и быстрыми вариациями оптической и радиополяризации. Считается, что угол между джетом и лучом зрения мал ($< 20^\circ$), и релятивистский эффект Доплера играет важную роль в наблюдаемых свойствах блазаров.

На РАТАН-600 проводятся систематические наблюдения выборки более 100 блазаров. Наблюдения 2006-2012 гг. проводились в рамках двух международных программ: «Bright Sources Monitoring during Planck Mission, Planck WG 6» и «Simultaneous spectra of the BL Lacertae Object». В результате анализа параметров полученных многочастотных радиоспектров выявлено:

- в среднем все источники имеют плоские

Period of flare activity of the microquasar SS433 started in July. A very bright flare with the flux about 1.7 Jy was detected at 5GHz in October 2012. It had the optically thin power-law spectrum with the spectral index -0.8 , which is somewhat steeper than that in the quiet state.

Judging from all monitoring cycles of SS433 carried out with RATAN-600 and GBI (USA), it could be noted that, starting from 1979, there were not more than 10 so bright flares. On the basis of data of the quiet state, the 6.5-day modulation of radio flux caused by nutation of jets was confirmed at all frequencies.

S.A. Trushkin, N.A. Nizhelsky, P.G. Tsybulev.
Astronomer's Telegram, #4484 (2012).

MULTIFREQUENCY STUDY AND RADIO PROPERTIES OF TYPE BL LACERTAE OBJECTS

Blazars belong to a rare subclass of active galactic nuclei (AGNs) which are characterized by fast variations of electromagnetic radiation intensity, strong and fast variations of optical and radio polarization; a peak of the spectral energy distribution is in the infrared wavelength range; there are no emission lines in optical spectrum.

It is believed that the angle between jet and line of sight is small (less than 20°) and the relativistic Doppler effect plays an important role in the observable blazar properties.

A sample of more than 100 blazars is systematically observed with RATAN-600. Observations of 2006-2012 were carried out within the framework of the international programs «Bright Sources Monitoring during Planck Mission, Planck WG 6» and «Simultaneous spectra of the BL Lacertae Object». The analysis of multi-frequency radio spectra properties revealed that:

- on the average, all sources have flat radio spectra

- радиоспектры на высоких и низких частотах;
- большинство источников выборки имеют красные смещения $z < 0.5$ (BZCAT, Massaro et al. 2009);
- для 70% источников индекс переменности на временах 30-100 дней меньше 20%. Только у отдельных источников спектральная плотность потока меняется на десятки процентов;
- блазары с пиками на низких энергиях имеет большую радиосветимость (5 GHz), чем блазары с пиками на высоких энергиях. Существует антикорреляция «пиковая частота синхротронной компоненты–радиосветимость».

М.Г. Мингалиев, Ю. Сотникова.

GPS-ИСТОЧНИКИ: ГАЛАКТИКИ И КВАЗАРЫ

Проведен анализ континуальных радиоспектров полной по плотности потока выборки Gigahertz-Peaked Spectrum (GPS) источников ($S_{\nu} \geq 200$ мЯн на частоте 4.8 или 5 ГГц). С использованием базы данных CATS по спектральному типу выбрано порядка 400 источников с максимумом в радиоспектре. Рассмотрены две группы GPS – галактики и квазары. Обнаружено, что наиболее «узкие» спектры наблюдаются у GPS-галактик, причем диапазон z у них заключен в интервале от 0.014 до 1.81. GPS-квазары имеют более «широкие» радиоспектры, больший индекс переменности и $0.114 < z < 3.99$. Выборка источников со спектральным максимумом содержит источники типа BL Lac и FSRQ (flat spectrum radio quasars). Построена зависимость красного смещения, пиковой частоты от «ширина» спектра, из которой видно, что объекты с наиболее «узкими» спектрами локализованы в двух областях по z .

М.Г. Мингалиев, Ю. Сотникова.

ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО ДАННЫМ ОБЗОРОВ «ХОЛОД»

У многих радиоисточников наблюдается изменение плотности потока при регистрации в различные эпохи наблюдений. Эта переменность обусловлена как внешними причинами (мерцаниями), так и внутренними, которые связаны с процессами генерации излучения в самом источнике. Переменное радиоизлучение наблюдается у галактик с активными ядрами, микроквазаров, пульсаров, звезд, пр.

Продолжена работа по поиску переменных источников по данным обзоров, проводившихся на РАТАН-600 в 1980-1994 гг. на частоте 3.94 ГГц (Отчет САО РАН 2011, с. 73). Для проверки радиоисточников каталога RCR (RATAN COLD REFINED) на переменность проводились количественные оценки индекса долговременной переменности V , относительной амплитуды переменности V_{χ} , вероятности p по критерию χ^2 .

Из порядка 200 рассмотренных источников у 41 индекс долговременной переменности оказался положительной величиной, что указывает на их возможную переменность. 15 объектов можно считать достоверно переменными с вероятностью по критерию

- at high and low frequencies;
- the most sources of the sample have the red shift $z < 0.5$ (BZCAT, Massaro et al. 2009);
- for 70% of sources the variability index at times 30-100 days is less than 20%. The spectral flux density changes by tens of percents only in separate sources;
- blazars with peaks at low frequencies have higher radio luminosity (5 GHz) than blazars with peaks at high energies. There is an anticorrelation «the peak frequency of the synchrotron component–radio luminosity».

М.Г. Mingaliev, Yu. Sotnikova.

GPS SOURCES: GALAXIES AND QUASARS

Continuum radio spectra of Gigahertz-Peaked Spectrum sources from the flux-density-full sample ($S_{\nu} \geq 200$ mJy at the frequency 4.8 or 5 GHz) were analyzed. About 400 sources with peak in radio spectra were selected by the spectral type with use of the CATS database. Two groups of GPSs – galaxies and quasars – were studied.

It was found that the most «narrow» radio spectra are observed in GPS-galaxies. The galaxies of the sample have z from 0.014 to 1.81. GPS quasars have «wider» radio spectra and higher variability indexes. They have high red shifts from 0.114 to 3.99. The sample of sources with a spectral peak contains the type BL Lacertae sources and FSRQs (flat spectrum radio quasars). The relation red shift, peak frequency ν_{peak} spectrum «width» was built. It is seen from it that the objects with the narrowest spectra are localized in two z regions.

М.Г. Mingaliev, Yu. Sotnikova.

SEARCH FOR VARIABLE SOURCES USING DATA OF «COLD» SURVEYS

Many radio sources exhibit flux density variations when observed at different epochs. This variability is due to both external (scintillations) and internal factors, which are associated with the radiation generation processes in the source itself.

Variable radio emission is observed in active galactic nuclei (AGN), microquasars, pulsars, and etc.

We search for variable sources, using the data of the surveys conducted on the RATAN-600 radio telescope in 1980–1994 at 3.94 GHz.

To test the radio sources of the RCR (RATAN Cold Refined) catalog for variability, we estimated the long-term variability indices V of the studied objects, their relative variability amplitudes V_{χ} , and the χ^2 probabilities p .

Out of about 200 considered sources, 41 proved to have positive long-term variability indices, suggesting that these sources may be variable. 15 objects can be considered to be reliably variable according to the χ^2 criterion $p > 0.98$, 3 of these sources have χ^2

$\chi^2 p > 0.98$, 3 из них имеют вероятность $p \geq 0.999$. У 6 источников вероятность лежит в диапазоне $0.95 < p < 0.98$, у остальных 20 объектов $0.73 \leq p < 0.95$. 24 объекта из 41-го переменны или возможно переменны в оптическом диапазоне, 5 - известные переменные радиоисточники.

Е.К. Майорова, О.П. Желенкова.

ОБНАРУЖЕНИЕ БЫСТРОЙ ПЕРЕМЕННОСТИ МАЗЕРОВ OH В ТУМАННОСТИ W 3

Для известной области звездообразования W 3 (OH) в обеих круговых поляризациях было получено 186 профилей радиолинии (обсерватория «Светлое»). Практически все детали профилей не имеют гауссовой формы, что свидетельствует о «ненасыщенном» режиме работы межзвездных мазеров OH. Большинство «зеемановских» пар сильно различаются по интенсивности и довольно часто не коррелированы по переменности. Для детали на -46 км/с 23 января 2012 г. наблюдалось почти шестикратное увеличение интенсивности сигнала правой круговой поляризации за время порядка 150 сек., в то время как сигнал левой поляризации изменился не более, чем на 15%. Такое явление в мазерах наблюдалось впервые. Оценка яркостной температуры этой детали дает коэффициент усиления мазера 4×10^7 , что соответствует оптической толщине 17.5. Более подробные данные зависят от принятой модели «накачки» мазера и требуют дальнейших исследований.

И.В. Госачинский, С.А. Гренков, А.В. Ипатов, И.А. Рахимов (ИПА РАН).

НЕЙТРАЛЬНЫЙ ВОДОРОД В ОКРЕСТНОСТИ ОСТАТКОВ СВЕРХНОВЫХ.

Проведены исследования излучения нейтрального водорода в окрестности остатка сверхновой HB 9. Обнаружена клочковатая оболочка HI с радиальными движениями, окружающая источник. Однако, ее измеренные параметры противоречат связи оболочки с ударной волной сверхновой. Более реальным представляется возникновение оболочки под действием ветра звезды, взорвавшейся в конце своей эволюции как сверхновая.

Характеристики звезды, полученные по наблюдаемым параметрам оболочки, следующие: мощность ветра 0.5×10^{38} эрг/с, потеря массы $3.7 \times 10^{-5} M_{\odot}$ /год, возраст 3×10^6 лет. Принимая во внимание ошибки измерений, мы оцениваем массу звезды более $8 M_{\odot}$.

И.В. Госачинский.

ВКЛАД ГАЛАКТИКИ В МИКРОВОЛНОВОЙ ФОН НА ВЫСОКИХ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ШИРОТАХ

По картам меры фарадеевского вращения (МФВ) исследован вклад Галактики в космический микроволновой фон (КМФ) на высоких галактических широтах. Распределение МФВ определяется галактическим магнитным полем и плотностью тепловых электронов. Применив корреляционные

probabilities $p \geq 0.999$. The corresponding probabilities for six sources lie in the $0.95 < p < 0.98$ interval, and those of the remaining 20 objects in the $0.73 \leq p < 0.95$ interval. 24 of 41 objects are variable or possibly variable in the optical range, and 5 objects are known variable radio sources.

E.K. Majorova, O.P. Zhelenkova.

DISCOVERY OF FAST VARIABILITY OF OH MAZERS IN THE NEBULA W 3

186 radio line profiles were obtained (Svetloe observatory) in both circular polarizations from observations of the well-known starforming region W 3 (OH). The shape of practically all profile details is not Gaussian which testifies an «unsaturated» mode of operation of interstellar OH masers.

The most «Zeeman» pairs strongly differ in intensity and rather often they do not correlate in variability.

On January 23, 2012, for the detail at -46 km/s we observed an almost 6-fold increase of signal of the right-hand circular polarization during the time of order of 150 s, whereas the signal of left-hand polarization changes by not more than 15%. Such a phenomenon was observed in masers for the first time. Estimation of the brightness temperature of this details gives the maser amplification factor 4×10^7 , which corresponds to the optical depth 17.5. More detailed data depend on the accepted model of the maser «pumping». More detailed study is necessary.

I.V. Gosachinsky, S.A. Grenkov, A.V. Ipatov, I.A. Rakhimov (IAA RAS).

NEUTRAL HYDROGEN IN VICINITY OF SUPERNOVAE REMNANTS

The study of neutral hydrogen emission in vicinity of the supernova HB 9 remnant was carried out. A flocculent HI envelope with radial motions surrounding the source was discovered. However, its measured parameters contradict a relation between the envelope and supernova shock wave. It seems more real that the envelope was formed under the action of wind of a star which had exploded at the end of its evolution as a supernova. The characteristics of the star obtained from observational parameters of the envelope are as follows: the wind intensity 0.5×10^{38} erg/s, the mass loss $3.7 \times 10^{-5} M_{\odot}$ /year, the age 3×10^6 year. With due account of measurement errors, we estimate the star mass more than $8 M_{\odot}$.

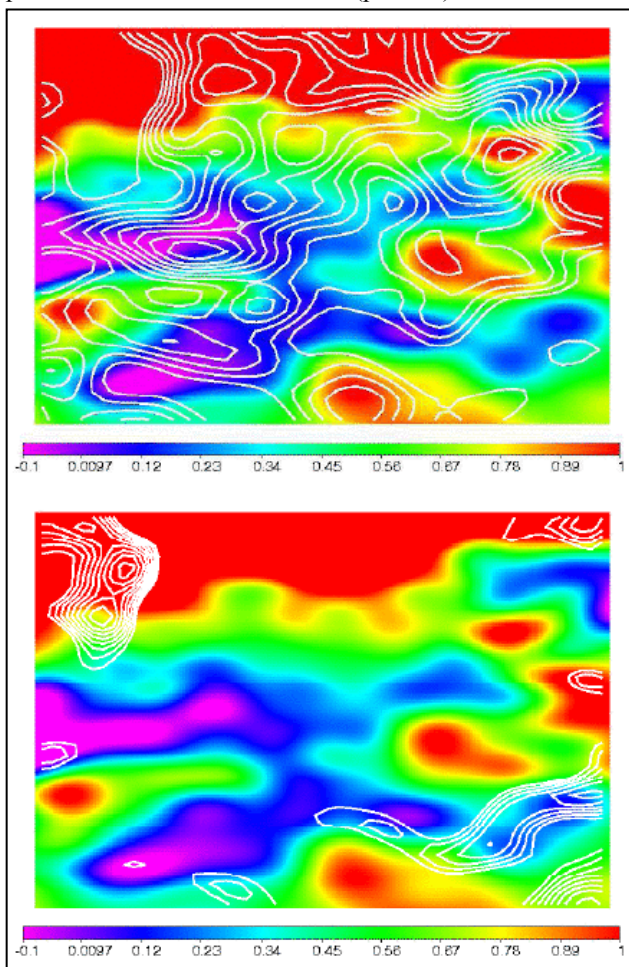
I.V. Gosachinsky.

CONTRIBUTION OF THE GALAXY TO THE MICROWAVE BACKGROUND AT HIGH GALACTIC LATITUDES

Contribution of the Galaxy to the cosmic microwave background (CMB) at high galactic latitudes was studied with the use of maps of Faraday rotation measure (FRM). Distribution of the FRM is determined by galactic magnetic field and density of thermal electrons. Applying the correlation methods to

методы для МФВ и КМФ, мы обнаружили значительное влияние Галактики вне ее плоскости. Так, стандартное отклонение от среднего корреляционного коэффициента отличает от ожидаемого в моделях на уровне достоверности 99.9%.

Кроме того, сравнение распределения сигналов МФВ и КМФ позволило выделить зоны множественных совпадений положения экстремумов в распределении исследуемых сигналов. Мы обнаружили, что так называемое «Холодное Пятно» находится в области сильной антикорреляции с сигналом МФВ, то есть оно находит объяснение в условиях распространения радиоволн в нашей Галактике (рис. 42).



data of FRM and CMB we detected a considerable influence of the Galaxy outside its plane. So, the standard deviation from average correlation factor differs from that expected in models at the confidence level 99.9%.

Besides, the comparison of FRM and CMB signal distributions allowed us selecting zones of multiple coincidences of extremum locations in distribution of signals under investigation. In particular, we detected that the so-called «Cold Spot» is in the region of strong anticorrelation with the FRM signal, i.e. it can be explained by conditions of radio wave propagation in our Galaxy (Fig. 42).

Рис. 42. Изолинии флуктуаций КМФ на карте МФВ в области Холодного Пятна ($l = 209^\circ$, $b = -57^\circ$). Верхний рисунок: уровень изолиний начинается со значения -0.025 мК, шаг между уровнями $- 0.025$ мК. Нижний рисунок: то же, что на верхнем рисунке, но уровни начинаются с 0.0 мК и шаг между ними 0.0125 мК. Цветовая шкала несимметрична. Фиолетовый цвет отмечает положительный сигнал, в то время как, начиная с синего, МФВ становится положительной. Верхняя карта демонстрирует, что концентрированные изолинии и высокие и низкие области карты МФВ хорошо перекрываются, что говорит о связи выделенного сигнала КМФ в области Холодного Пятна с вариациями магнитного поля нашей Галактики.

Fig. 42. The isolines of CMB fluctuations on the FRM map in the Cold Spot field ($l = 209^\circ$, $b = -57^\circ$). The upper figure: the level of isolines starts at -0.025 mK, the step between levels 0.025 mK. The below figure: the same as in the upper figure, but levels begin with 0.0 mK and step between them 0.0125 mK. The color scale is asymmetric. Magenta color marks a positive signal, while since blue FRM becomes positive. The upper map shows that concentrated isolines and the high and low areas of the FRM maps well overlap, indicating that connection the selected CMB signal in the Cold Spot with the magnetic field variations of the Galaxy.

Мы также исследовали области остатков сверхновых с галактическими петлеобразными радиоструктурами, расположенными на низких и высоких галактических широтах за пределами плоскости Галактики. Для ряда объектов была найдена высокая корреляция между распределением КМФ и МФВ, что указывает на то, что вклад Галактики в КМФ наблюдается далеко за пределами ее плоскости ($|b| > 40^\circ$).

М. Хансен, В. Жао, А.М. Фрейзел, П.Д. Насельский, Дж. Ким (Дания), О.В. Верходанов. MNRAS, 426, 57(2012).

НОВАЯ МЕТОДИКА АНАЛИЗА ДАННЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ИОНОВ

Разработана новая методика анализа данных

Also we studied the regions of supernova remnants with looped galactic radio structures located at low and high galactic latitudes outside the Galaxy plane. A high correlation between CMB and FRM distribution was discovered for a number of objects, which implies that contribution of the Galaxy to CMB is observed far outside its plane ($|b| > 40^\circ$).

M. Hansen, W. Zhao, A.M. Frejzel, P.D. Naselsky, J. Kim (Denmark), O.V. Verkhodanov. MNRAS, 426, 57 (2012).

A NEW TECHNIQUE OF ANALYZING DATA OF HEAVY RELATIVISTIC ION COLLISIONS

A new technique was developed for analyzing data of

столкновений тяжелых релятивистских ионов на ускорителях и возникающих вследствие этого множественных вторичных событий, которая основывается на гармоническом анализе. Целый ряд особенностей столкновений тяжелых ионов, таких как их физические параметры, поведение возникших коллективных истекающих потоков и флуктуаций в статистике событий, может быть представлен и описан в псевдоцилиндрической проекции Молвейде и соответственно в формализме сферических гармоник. Для азимутально-зависящих явлений, таких как коллективные потоки, разложение по мультиполям позволяет выделить избыточный сигнал при сравнении со стандартными коэффициентами, используемыми в расчетах по столкновению тяжелых ионов. Предложенный подход легко может быть развит и применен для исследования более сходных явлений, например, таких как струи, несимметричные потоки или их комбинация.

П.Д.Насельский, К.Х. Кристенсен, П.Р. Кристенсен, П.Х. Дамгаард, А.М. Фрейзел, Дж.Дж. Гаардхой, А. Хансен, М. Хансен, Дж. Ким, О.В. Верходанов, Ю.А. Вейдеман. Physical Review C, 86, id. 024916 (2012).

К КОРРЕЛЯЦИИ WMAP-КАРТ МИКРОВОЛНОВОГО ФОНА И КАТАЛОГОВ ИСТОЧНИКОВ PLANCK И FSC IRAS

Рассчитаны и проанализированы карты мозаичных корреляций сигнала микроволнового фона ILC WMAP и положений источников миллиметрового, субмиллиметрового и инфракрасного диапазона каталогов Planck и FSC IRAS. Обнаружены и исследованы две мощные корреляционные гармоники $l=3$ и $l=6$. Рассчитаны фазы мод этих мультиполей. В пятнах гармоник проведены подсчеты источников из обзоров NVSS, FIRST, FSC IRAS и Planck. Показано, что фазы корреляционных гармоник близки на разных наблюдательных частотах как для $l=3$, так и для $l=6$. Предложена гипотеза, что часть слабого сигнала в данных ILC WMAP, проявляющегося в сильных корреляционных свойствах исследуемых мультиполей, может быть обусловлена внегалактическими источниками излучения.

О.В. Верходанов, Я.В. Найден, Т.В. Кешелова (МГУ). Астрофиз. бюлл., 67, 1 (2012); Астрофиз. бюлл., 67, 257 (2012).

ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА В РАДИОДИАПАЗОНЕ

ПРИРОДА ПЕКУЛЯРНЫХ РАДИОИСТОЧНИКОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НАД ЛИНИЕЙ РАЗДЕЛА ФОТОСФЕРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ

Получены данные о природе пекулярных радиоисточников расположенных над линией раздела фотосферного магнитного поля в активной области.

heavy relativistic ion collisions in colliders and multiple secondary events arising as a consequence of that. The technique is based on the harmonic analysis. A number of such features of heavy ion collisions as their physical parameters, behavior of arising collective effluent flows and fluctuations in the statistics of events can be presented and described in the Mollweide pseudocylindrical projection and, correspondingly, in the spherical harmonic formalism.

For such azimuthal-dependent phenomena as collective flows, the multipole expansion permits us selecting an excess signal in comparison with standard factors used in calculations on heavy ion collisions.

The suggested approach can be easily developed and applied to the study of more similar phenomena, e.g. such as jets, asymmetric flows or their combination.

P. Naselsky, C.H. Christensen, P.R. Christensen, P.H. Damgaard, A. Frejzel, J.J. Gaardhoje, A. Hansen, M. Hansen, J. Kim, O. Verkhodanov, U.A. Wiedemann. Physical Review C, 86, id. 024916 (2012).

TO THE CORRELATION OF MICROWAVE BACKGROUND WMAP MAP AND PLANCK AND FSC IRAS SOURCES

The maps of mosaic correlations of microwave background signal ILC WMAP and locations of sources of millimeter, submillimeter and infrared ranges of the catalogs Planck and FSC IRAS were calculated and analyzed. Two powerful correlation harmonics $l=3$ and $l=6$ were detected and studied.

The mode phases of these multipoles were calculated. Sources from the surveys NVSS, FIRST, FSC IRAS and Planck were counted in the harmonic spots. It was shown that phases of correlation harmonics are close at different observational frequencies both for $l=3$ and for $l=6$. A hypothesis was suggested that a part of weak signal in ILC WMAP data revealing itself in strong correlation properties can be caused by extragalactic sources.

O.V. Verkhodanov, Ya.V. Naiden, T.V. Keshelava (MSU). Astroph. Bull., 67, 1 (2012); Astroph. Bull., 67, 245 (2012).

STUDY OF THE SUN IN THE RADIO RANGE

THE NATURE OF PECULIAR RADIO SOURCES LOCATED OVER THE BOUNDARY LINE OF PHOTOSPHERE MAGNETIC FIELD IN ACTIVE REGION

New data were obtained on the nature of peculiar radio sources located over the boundary line of photospheric magnetic field in an active region.

Такие объекты присутствуют во вспышечных активных областях и являются кандидатами источников первичного разогрева плазмы в активных областях. Эти радиисточники являются наиболее яркими и широкими объектами в активных областях, в связи с чем, они трудно регистрируются с помощью радиогелиографов. Построены спектры потоков и степени поляризации таких источников в диапазоне 4-17 ГГц. Результаты моделирования указывают, что их интенсивное излучение и слабая поляризация могут быть объяснены циклотронным тепловым излучением в поперечном магнитном поле.

Such objects are present in flare active regions and they are candidates to the sources of the primary heating of plasma in active regions.

These radio sources are the brightest and widest objects in active regions, that is why it is difficult to register them with radio heliographs.

Spectra of flux and degree of polarization of such sources in range 4-17 GHz were built.

Modeling results imply that their intensive emission and weak polarization can be explained by thermal cyclotron radiation in the transverse magnetic field.

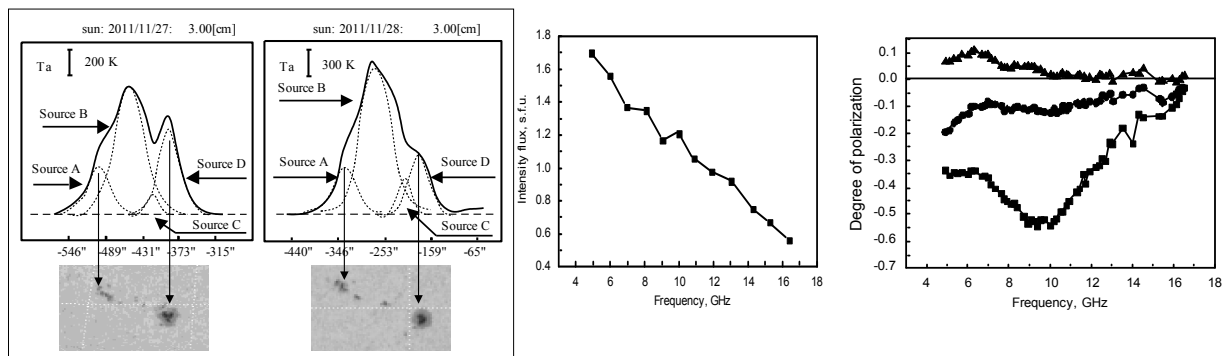


Рис. 43. Слева - скан NOAA для 27и 28/11/2012. В центре источник B (NLS) в сравнении со структурой магнитного поля по данным MDI SOHO; центр - спектр потока излучения NLS; справа - спектры степени поляризации для пятенных источников (A и D) и NLS(B).

Fig. 43. Left – NOAA scan of 27 and 28/11/2012. In the center the source B (NLS) is compared with structure of magnetic field by MDI SOHO data. Center – NLS radiation flux spectrum. Left – Spectra of degree of polarization for spot sources (A and D) and NLS (B).

На примерах анализа спектральных характеристик излучения нескольких активных областей показано, что NLSs возникают в широком диапазоне их размеров и потоков излучения. В зависимости от расстояния между расположением противоположных магнитных полей яркость этих радиисточников может меняться от $T=10^5\text{K}$ до $T=10^7\text{K}$ со спектральным индексом от 0.7 до 4 ($S_{\nu} \propto \nu^{-\alpha}$), а их размеры могут варьироваться от десятков угловых секунд до нескольких угловых минут, покрывая всю активную область в дециметровом диапазоне волн и превращаясь в так называемое Гало. На рис. 43 приведен пример регистрации активной области с источником NLS в ее центре

By the examples of analysis of spectral characteristics of radiation of several active regions, it was shown that NLSs arise in a wide range of their sizes and emission fluxes. Depending on a distance between locations of opposite magnetic fields, the brightness of these radio sources can vary from $T=10^5\text{K}$ to $T=10^7\text{K}$ with spectral index in the range from 0.7 to 4 ($S_{\nu} \propto \nu^{-\alpha}$), and their size can vary from tens of arc seconds to several arc minutes covering the whole active region in the decimeter wavelength range and turning into a so-called Halo.

The figure 43 shows an example of registration of an active region with a source in its center.

Наиболее вероятной гипотезой для NLS является расположение этих источников в верхней части корональной арки (или аркады). Интерпретация радиоизлучения источников над линией раздела магнитных полярностей состоит в учете расположения этих источников в верхней части корональной арки (или аркады) и учете особенностей магнитного поля в межпятенной области. Она описывается в рамках циклотронного механизма генерации радиоволн и согласуется со слабой поляризацией NLS, и показывает спектральные характеристики излучения качественно, соответствующие излучению таких источников.

The most probable hypothesis for NLSs is that these sources are located in the upper part of corona arc (or arcade). Interpretation of radio emission of sources over the boundary line of magnetic polarity is the accounting for location of these sources in the upper part of the corona arc (or arcade) and the accounting for peculiarities of magnetic field in the interspot region. It is described within the context of cyclotron mechanism of radio wave generation. It agrees with weak polarization of NLSs and qualitatively shows spectral characteristics corresponding to radiation of such sources.

В.М. Богод, Т.И. Кальтман, Л.В. Яснов (СПбГУ). Астрофиз. бюлл., 67, 441 (2012).

V.M. Bogod, T.I. Kaltman, L.V. Yasnov (SPbSU). Astrophys. Bull., 67, 425 (2012).

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В НИЖНЕЙ КОРОНЕ СОЛНЦА ПО СОПОСТАВЛЕНИЮ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ И МОДЕЛЬНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Разработана методика измерений магнитных полей солнечных активных областей в нижней короне, которая основана на спектрально-поляризационных микроволновых наблюдательных данных РАТАН-600, реконструкции нелинейного бессилового магнитного поля и модельных расчетах циклотронного излучения.

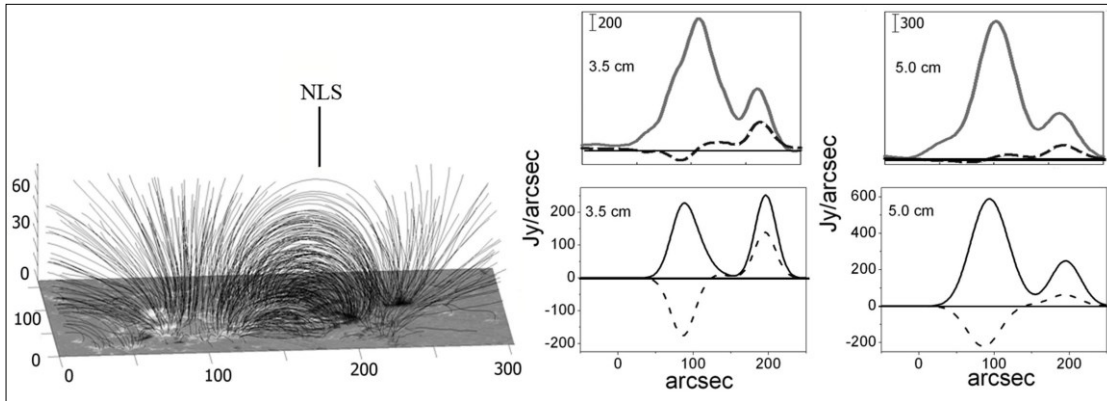


Рис. 44. Слева: силовые линии реконструированного магнитного поля, наложенные на магнитограмму Hinode. Справа: сканы АО 11389 01.01.2012 на длинах волн 3.5 и 5.0 см в полном (сплошные линии) и поляризованном (пунктирные) излучении, сглаженные с ДНА РАТАН-600. В верхнем ряду показаны данные наблюдений на РАТАН-600, в нижнем — модельные расчеты циклотронного излучения: смещение максимума интенсивности указывает на присутствие дополнительного источника нагрева (NLS).

Fig. 44. Left: lines of force of reconstructed magnetic field superimposed to the Hinode magnetogram. Right: AR 11389 scans of 01.01.2012 at the wavelengths 3.5 and 5.0 cm in the total (the solid lines) and polarized (the dotted lines) emission, smoothed with the RATAN-600 directional diagram. The upper row shows RATAN-600 observational data, the lower row – model calculations of cyclotron radiation. The intensity peak shift implies the presence of an additional source of heating (NLS).

Сравнительный анализ пространственной структуры радиоизлучения, рассчитанного на основе реконструированного магнитного поля и многоволновым сканам (РАТАН-600) в широком микроволновом диапазоне волн позволяет локализовать в активной области места повышенной электронной плотности и дополнительного нагрева корональной плазмы. Удовлетворительного согласия между модельными расчетами и наблюдательными данными удается достичь (рис. 44) не только для областей с простейшей структурой типа одиночного пятна, но и для комплексных активных областей со сложной магнитной структурой, содержащих пекулярные (NLS) и пятенные источники, флоккулы и другие объекты.

Т.И. Кальтман, В.М. Богод, А.Г. Ступишин, Л.В. Яснов (СПбГУ). Solar Physics, 276, 61 (2012); АЖ, 89, 872 (2012).

ОБНАРУЖЕНИЕ СУБСЕКУНДНЫХ КОЛЕБАНИЙ В СЛАБОЙ ВСПЫШКЕ

Впервые зарегистрированы субсекундные импульсы с

MAGNETIC FIELDS IN THE LOWER CORONA OF THE SUN FROM COMPARISON BETWEEN OBSERVATIONAL AND MODEL SPECTRAL DATA

A technique was developed of measuring magnetic fields of active solar regions in the lower corona which is based on RATAN-600 spectral-polarization microwave observational data, reconstruction of nonlinear forceless magnetic field and model calculations of cyclotron radiation.

Comparative analysis of the spatial structure of radio emission calculated on the basis of reconstructed magnetic field and multi-frequency scans in a wide microwave range registered with RATAN-600 allows us localizing the areas of increased electron density and additional heating of corona plasma in the active region.

Satisfactory agreement between model calculations and observational data can be achieved (Fig. 44) not only for regions with the simplest structure of single-spot type but also for complex active regions with complicated magnetic structure containing peculiar (NLS) and spot sources, floccules and other objects.

T.I. Kaltman, V.M. Bogod, A.G. Stupishin, L.V. Yasnov (SPbSU). Solar Physics, 276, 61 (2012); Astron. Rep., 56, 790 (2012).

DETECTION OF SUBSECOND OSCILLATIONS IN A WEAK FLARE

Subsecond pulses were first registered with the

временным разрешением 7 мс в диапазоне 3.5-8 ГГц, что подтверждено независимыми наблюдениями на Сибирском солнечном спектрополяриметре (СССП) в диапазоне 4-8 ГГц. Эти импульсы возникают на импульсной фазе вспышки и накладываются на всплески большей продолжительности. Сопоставление временных профилей и спектров для микроволнового и жесткого рентгеновского излучения (КА HESSI и FERMI) и моделирование гиротронного излучения указывает, что природа этих субсекундных колебаний в слабой вспышке определяется единой популяцией электронов и единым высокотемпературным источником излучения с температурой более $30 \cdot 10^6$ К.

temporal resolution 7 ms in the range 3.5-8 GHz, which was confirmed by independent observations with the Siberian Solar Spectral Polarimeter (SSSP) in the range 4-8 GHz. These pulses arise in the pulse phase of the flare and are superimposed on splashes of longer duration. Comparison between temporal profiles and spectra for microwave and hard X-ray emission (KA HESSI and FERMI data) and the modeling of gyrosynchrotron emission imply that the nature of these subsecond oscillations in a weak flare is determined by a single electron population and a single high-temperature source of radiation with a temperature of more than $30 \cdot 10^6$ K.

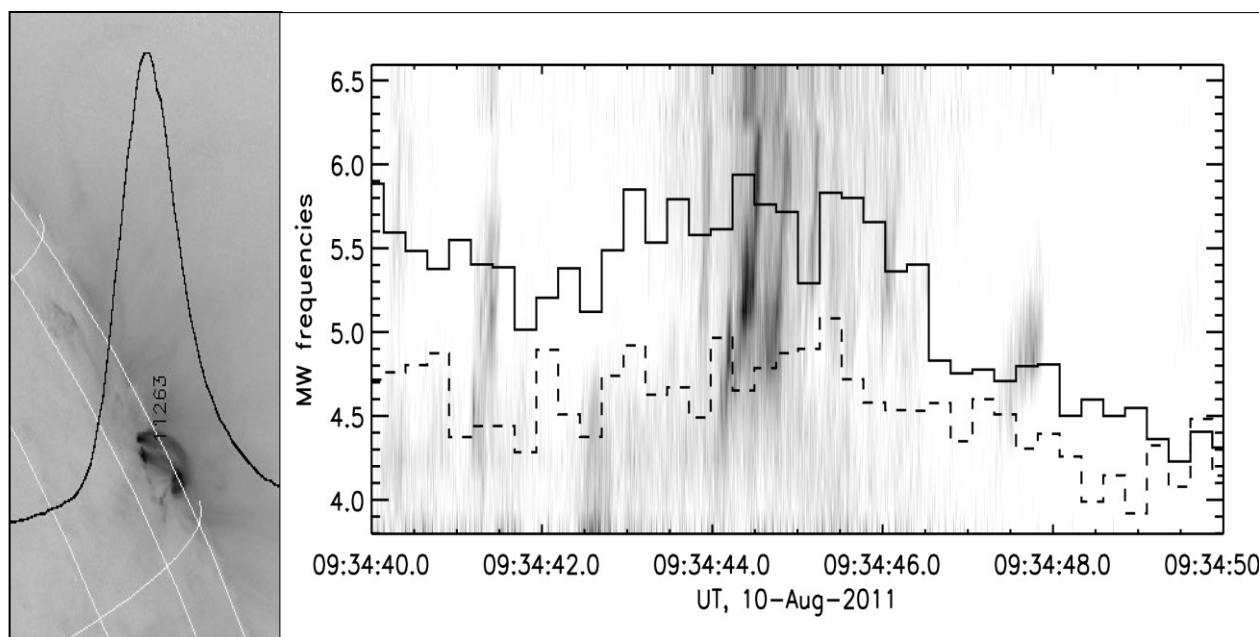


Рис. 45. Левая панель: Вспышечная петля (изображение в ВУФ 94 А AIA/SDO) и скан полученный на РАТАН-600 в 09:34:25 UT на частоте 5.7 ГГц. Правая панель: динамический спектр, полученный Сибирским солнечным спектрополяриметром (негатив) и временные профили рентгеновского излучения в диапазонах 11.4- 26.3 кэВ (сплошная линия) и 26.3- 49.9 кэВ (штриховая линия), полученные КА FERMI.

Fig. 45. Left – The flare loop (the VUV 94 A AIA/SDO image) and a scan obtained with RATAN-600 at 09:34:25 UT at a frequency of 5.7 GHz. Right – The dynamical spectrum obtained by the Siberian Solar Spectral Polarimeter (the negative) and temporal profiles of X-ray emission in the ranges 11.4- 26.3 keV (the solid line) and 26.3- 49.9 keV (the dashed line) obtained with KA FERMI.

Субсекундные импульсы (ССИ) были зарегистрированы во время вспышки класса C2.4, которая произошла 10 августа 2011 года в активной области 11263 вблизи западного лимба с максимумом в 9:35 UT (рис. 45). Особенностью этой вспышки является то, что основным источником вспышечного излучения (как микроволнового, так и рентгеновского) был высокотемпературный источник ($T > 30 \cdot 10^6$ К). Сравнение временных профилей ССИ, полученных на РАТАН-600 и СССП, свидетельствует о компактности источника данных импульсов. Корреляция временных профилей ССИ в микроволновом диапазоне с рентгеновским излучением в диапазоне 11.4-26.3 кэВ указывает на то, что микроволновое излучение было сгенерировано электронами с энергией около 50 кэВ.

Subsecond pulses (SSP) were registered during the class C2.4 solar flare which occurred on August 10, 2011 in the active region 11263 near the western limb with maximum at 9:35 UT (Fig. 45).

The feature of this flare is that the main source of the flare emission (both microwave and X-ray) of this event was a high-temperature source ($T > 30 \cdot 10^6$ K).

Comparison between SSP temporal profiles obtained with RATAN-600 and SSSP testifies the compact character of the source of these pulses. Correlation of SSP temporal profiles in the microwave range and X-ray emission in the range 11.4-26.3 keV indicates that the microwave emission was generated by electrons with energy of about 50 keV. Thus, the SSP

Источник генерации ССИ, также как и источник основного вспыхивающего излучения, был связан с высокотемпературным источником. Наиболее вероятным механизмом данных пульсаций является плазменный механизм.

Л.К. Кашапова (ИСЗФ СО РАН), С.Х. Тохчукова, Д.А. Жданов (ИСЗФ СО РАН), В.М. Богод.

generation source, as well as the source of the main flare generation, was related to a high-temperature source. The most probable mechanism of these pulses is the plasma mechanism.

L.K. Kashapova (ISTP SB RAS), S.Kh. Tokhchukova, D.A. Zhdanov (ISTP SB RAS), V.M. Bogod.

О КОЛЬЦЕВОЙ СТРУКТУРЕ ИСТОЧНИКА ЦИКЛОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АКТИВНОЙ ОБЛАСТИ NOAA 11140

ON THE RING STRUCTURE OF THE SOURCE OF CYCLOTRON EMISSION IN THE ACTIVE REGION NOAA 11140

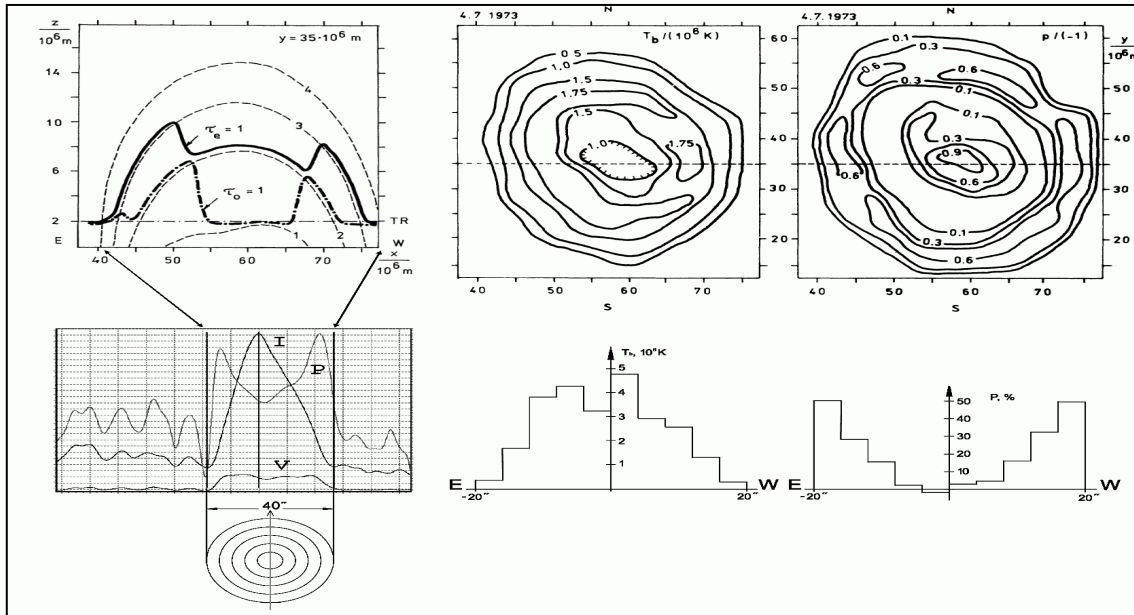


Рис. 46 Верхний ряд - модель источника циклотронного излучения над солнечным пятном (фотосферное магнитное поле $H_{\max} = 2,6$ кГс), рассчитанная для частоты 4,9 ГГц (Hildebrant et al., 1984). Слева - распределение оптической толщины и положения гироуровней в вертикальном сечении плоскостью, проходящей через центр источника, справа - модельные распределения яркостной температуры (T_b) и степени поляризации (p) в картинной плоскости. Нижний ряд - полученные в наблюдениях солнечного затмения 04.01.2011 г. на волне 6,2 см. одномерные распределения интенсивности (I), круговой поляризации (V) и степени поляризации и рассчитанные по ним квазидвумерные распределения яркостной температуры и степени поляризации.

Fig. 46. The upper row - the model of a source of cyclotron emission over the sunspot (the photosphere magnetic field $H_{\max} = 2.6$ kGs), calculated for the frequency 4.9 GHz (Hildebrant et al., 1984). Left - the distribution of optical depth and location of gyrolevels in the vertical section by a plane passing through the source center. Right - the model distributions of the brightness temperature (T_b) and degree of polarization (p) in the image plane. The lower row - the one-dimensional distributions of intensity (I), circular polarization (V) and degree of polarization obtained in observations of the solar eclipse of 04.01.2011 at the wavelength 6.2 cm and the quasi-two-dimensional distributions of brightness temperature and degree of polarization calculated by them.

По наблюдениям с высоким угловым разрешением 1" получено распределение яркости циклотронного излучения над солнечным пятном, показавшее, что максимальная степень поляризации этого излучения достигается в области границы тень-полутень пятна, образуя кольцообразную структуру изображения источника радиоизлучения (рис. 46). Это свойство, предсказываемое теорией источников циклотронного излучения, впервые получило подтверждение с высокой степенью достоверности. При этом обнаружилось, что температура корональной плазмы над пятном достигает высоких значений ~ 5 МК, что в

Due to observations with the high angular resolution 1", the distribution of cyclotron emission brightness over a solar spot was obtained. It was shown that the maximum degree of polarization of this emission is achieved in the region of the spot shadow-penumbra boundary forming a ring-like structure of radio emission source image (Fig. 46). This property predicted by the theory of cyclotron emission sources was first confirmed with a high degree of reliability.

It was discovered that the temperature of corona plasma over the spot achieves a rather high value of ~ 5 MK, which is twice what is obtained from

два раза превышает оценки, получаемые по наблюдениям с более низким угловым разрешением. Источник был выявлен в солнечной короне над главным пятном активной области NOAA 11140. Наблюдения выполнены во время солнечного затмения 04.01.2011 г. с помощью двух радиотелескопов РТ-32 на волнах 3.5, 6.2 и 13 см. Особенности структуры интерпретируются в рамках известной теории циклотронного радиоизлучения горячей корональной плазмы (2-4 МК) в присутствии сильного магнитного поля солнечного пятна (~ 3 кГс).

*Н.Г. Петерова, А.Н. Коржавин, Н.А. Топчило (СПбГУ).
Геомagnetизм и Аэрoномия, 52, 867 (2012).*

observations with a lower angular resolution.

The source was revealed in the solar corona over the main spot of the active region NOAA 11140. The observations were carried out during the solar eclipse of January 4, 2011 with two radio telescopes RT-32 at the wavelengths 3.5, 6.2 and 13 cm. The structure features are interpreted within the context of the known theory of cyclotron radio emission of hot corona plasma (2-4 MK) with presence of strong magnetic field of a sunspot (~3 kGs).

*N.G. Peterova, A.N. Korzhavin, N.A. Topchilo (SPbSU).
Geomagnetism and Aeronomy, 52, 867 (2012).*