

РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД ВСЕЛЕННОЙ

Завершено накопление данных по программе «Генетический код Вселенной» (Отчет САО РАН 2010 г., с. 77-79; Отчет САО РАН 2011 г., с. 72; Отчет САО РАН 2012 г., с. 71-72). Наблюдения проводились на масштабах $\ell > 3000$, которые недоступны миссиям WMAP ($\ell < 800$) и Planck ($\ell < 2500$). Отметим, что РАТАН-600 практически не ограничен по разрешению фоновых структур вплоть до $\ell = 10000$.

В последние годы появились предложения исследовать влияние гравитационных эффектов на анизотропию фонового излучения по его шуму на плохо исследованных масштабах $\ell = 3000-6000$. Теория показывает, что мощность шума является самым острым индикатором наклона спектра мощности на малых ℓ . Шум на больших ℓ пропорционален шуму на малых ℓ в седьмой степени. Это позволяет с большой точностью оценивать отклонение спектра мощности от единицы.

По результатам обработки данных, полученных с фокальной матрицей, проведен поиск следов гравитационных возмущений с точностью, которая позволила сравнить относительную роль скалярных и тензорных возмущений в ранней Вселенной и сделать независимую оценку шума в интересной для теории области масштабов.

Был проведен поиск эффектов, предсказанных инфляцией и теорией SUSY, в том числе, поиск одномерных образований типа «струн» (Отчет САО РАН 2007-2008, с. 121-122). Показано, что их роль существенно меньше оценки, произведенной по данным WMAP.

Завершен годичный цикл многочастотного обзора полосы неба на волнах от 1 до 50 см и достигнута флуктуационная предельная чувствительность, ограниченная шумом фоновых радиисточников. Это позволило определить вклад вариаций синхротронного и теплового излучения Млечного пути, а также роли радиоизлучения вращающейся пыли с большей, чем ранее точностью.

Особое внимание было уделено проблеме экспериментального изучения ультрарелятивистских объектов (сверхмассивных черных дыр в первого поколения) с массами $10^9-10^{10}M_{\odot}$ (Отчет САО РАН 2010, с.75-76). Показано, что такие объекты действительно существовали уже в первый миллиард возраста Вселенной.

*Ю.Н. Парийский, О.В. Верходанов, В.А. Столяров,
Н.Н. Бурсов, Т.А. Семенова, П.Г. Цыбулев, А.В. Темирова,
Н.А. Низельский.*

ПОИСК И ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ РАННЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

FR II-галактики имеют в своих компонентах количество энергии релятивистского газа и магнитного

RADIO ASTRONOMY INVESTIGATIONS

GENETIC CODE OF THE UNIVERSE

Data accumulation under the program «Genetic code of the Universe» were completed (SAO RAS Report 2010, pp.77-79; SAO RAS Report 2011, p.72; SAO RAS Report 2012, pp.71-72). Observations were fulfilled on the scale $\ell > 3000$ which is inaccessible to WMAP ($\ell < 800$) and Planck ($\ell < 2500$) missions. Note that RATAN-600 is practically unrestricted in resolution of background structures up to $\ell = 10000$.

In recent years the suggestions appeared to study influence of gravitational effects on anisotropy of the background radiation by its noise on the poorly studied scales $\ell = 3000-6000$. The theory shows that the noise power is the most responsive indicator of the power spectrum slope on small ℓ . The noise on large ℓ is proportional to the noise on small ℓ in the seventh power. This allows us estimating the deviation of power spectrum from 1 to a high accuracy.

Results of the processing of data obtained with the focal array were used to search for traces of gravitational disturbances to a precision which allowed us comparing the relative role of scalar and tensor disturbances in the early Universe and making an independent estimation of the noise in the scale range which is interesting for the theory. We made the search for effects predicted by the inflation and SUSY theory, including the search for one-dimensional structures of the «string» type (SAO RAS Report 2007-2008, pp.121-122). It was shown that their role is considerably less than the estimation made by WMAP data.

A one-year cycle of the multifrequency survey of a sky band at wavelengths from 1 to 50 cm was completed. The maximum fluctuation sensitivity limited by the noise of background sources was achieved. It allowed us determining contribution of variations of synchrotron and thermal radiation of the Milky Way and the role of radio emission of rotating dust with a higher accuracy than before.

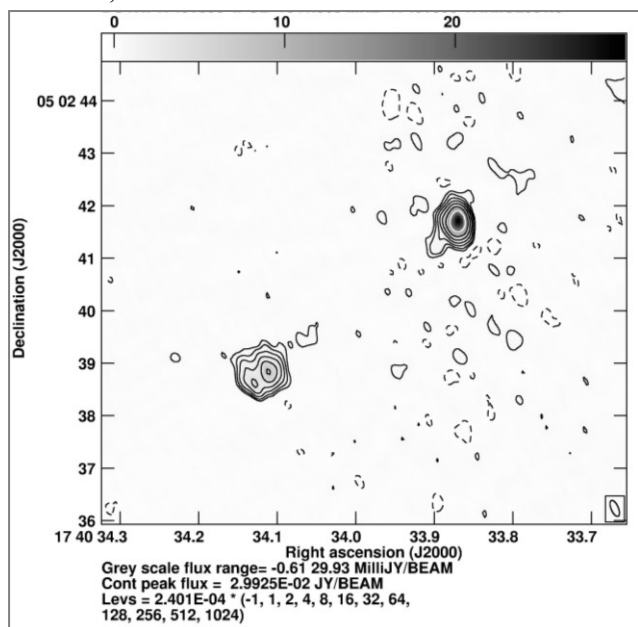
Special attention was given to the problem of experimental study of ultra relativistic objects (supermassive black holes of the first generation) with the masses $10^9-10^{10}M_{\odot}$ (SAO RAS Report 2010, pp.75-56). It was shown that such objects did already exist when the Universe was one billion years old.

*Yu.N. Parijskij, O.V. Verkhodanov, V.A. Stolyarov,
N.N. Bursov, T.A. Semenova, P.G. Tsybulev,
A.V. Temirova, N.A. Nizhelsky.*

SEARCH FOR AND STUDY OF EARLY UNIVERSE OBJECTS

The energy of relativistic gas and magnetic field in FR II galaxy components is far beyond that in any

поля намного больше, чем любой другой объект во Вселенной. В глубоких обзорах РАТАН-600 в сантиметровом диапазоне обнаружены мощные радиогалактики, возникшие в первые 10% жизни Вселенной (Отчет САО РАН 2010, с. 75-76). Так в обзоре RZF обнаружены тысячи радиоисточников с ультракрутыми спектрами, многие из которых имеют структуру типа FR II (Отчет САО РАН 2007-2008, с. 106-107). Такие объекты доступны для наблюдения на любых красных смещениях на РАТАН-600 с имеющимся комплексом аппаратуры, а все те из них, которые связаны с гигантскими эллиптическими галактиками или их прототипами (на $z > 3$), доступны наблюдениям на 6-м телескопе как в континууме, так и спектроскопически. Продолжается их исследование с привлечением интерферометрических систем типа MERLIN, оптических и ИК-телескопов.



Для самой мощной в сантиметровом диапазоне FR II-радиогалактики RC J0311+0507 с $z=4.51$ в поисковой программе CARLA (Clusters Around Radio-Loud AGN), выполненной на космическом телескопе Spitzer в полосах (3.6 μm и 4.5 μm), обнаружено на уровне 3σ превышение поверхностной плотности объектов (Wylezalek, D. et al. 2013ApJ...769...79W). Проведено исследование ее окружения по глубоким архивным снимкам SUBARU (Япония), где обнаружены кандидаты в Ly α -эммитеры по провалу в В-фильтре (Отчет САО РАН 2012, с. 72-73), что является еще одним фактом в пользу существования протоскопления на $z=4.51$.

Для второго по дальности объекта программы «Большое Трио» RC J1740+0502 с $z=3.57$ получены новые данные на радиоинтерферометре MERLIN (UK) с разрешением 0.1" на 5 ГГц (Отчет САО РАН 2010, с. 75) и на e-MERLIN на 1.7 ГГц с уровнем шума $\sim 20\text{-}30 \mu\text{Jy/beam}$ (рис. 47).

С учетом этих радиокарт пересмотрена интерпретация оптического отождествления радиоисточника и предложены следующие варианты, одними из которых

other object in the Universe. The RATAN-600 deep centimeter-range surveys revealed powerful radio galaxies which arose in the first 10% of the Universe life (SAO RAS Report 2010, pp. 75-76).

So, in the RZF survey the thousands of radio sources with ultra steep spectra were detected, many of them are having the type FR II structure (SAO RAS Report 2007-2008, pp. 106-107).

Such objects are accessible for observation with the available equipment complex of RATAN-600 at any red shifts, and those of them which are related with giant elliptical galaxies or their prototypes (at $z > 3$) are accessible for observation with the 6-m telescope both in continuum and spectroscopically. Their study goes on with involvement of interferometric systems of the MERLIN type, the optical and infrared telescopes.

Рис. 47. Радиокарта для второго по дальности объекта программы «Большое Трио» RC J1740+0502 с $z=3.57$, полученная на радиоинтерферометре e-MERLIN (UK) на 1.7 ГГц с уровнем шума $\sim 20\text{-}30 \mu\text{Jy/beam}$.

Fig. 47. Radio map of the distance-second object of the program «Big Trio» RC J1740+0502 with $z=3.57$ obtained with the radio interferometer e-MERLIN (UK) at 1.7 GHz with the noise level $\sim 20\text{-}30 \mu\text{Jy/beam}$.

In the search program CARLA (Clusters Around Radio-Loud AGN) fulfilled at the space telescope Spitzer in the bands 3.6 μm and 4.5 μm the excess of the surface density of objects was detected at the 3σ level for the FR II radio galaxy RC J0311+0507 with $z=4.51$ which is the most powerful in the centimeter range (Wylezalek, D. et al. 2013ApJ...769...79W).

Its environment was studied by deep archive SUBARU images (Japan) where candidate to Ly α emitters were detected by a gap in the B band (SAO RAS Report 2012, pp. 72-72), which is another argument in favor of existence of a protocluster at $z=4.51$.

New data were obtained with the radio interferometer MERLIN (UK) with a resolution of 0.1" at 5 GHz (SAO RAS Report 2010, p. 75) and with e-MERLIN at 1.7 GHz with the noise level $\sim 20\text{-}30 \mu\text{Jy/beam}$ for the second-distance object of the program «Big Trio» RC J1740+0502 with $z=3.57$ (Fig. 47). Taking into account these radio maps, the interpretation of optical identification of the radio source was revised and some other variants were

является слабый квазар (как и было первоначально), а также двойная AGN. Таким образом, RC J1740+0502 – возможный кандидат двойной AGN с расстоянием между компонентами пары ~6 кпс на $z > 3$.

И один и второй источник относятся к мощным FRII-радиогалактикам со светимостью на 500 MHz $3 \cdot 10^{29}$ W/Hz и $3 \cdot 10^{28}$ W/Hz, соответственно. Такое энерговыделение связывают с наличием сверхмассивной черной дыры с массой $\approx 10^9 M_{\odot}$.

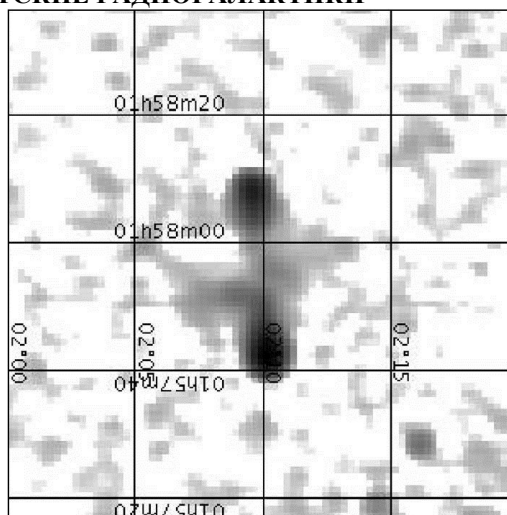
Ю.Н. Парижский, П. Томассон (Великобритания), О.П. Желенкова, А.Н. Копылов, А.В. Темирова, О.В. Верходанов, Комарова В.Н., Соколов И.В. (ТФ ИНАСАН), Р. Безик (Великобритания), Т. Макслю (Великобритания), Т. Пурсимо (Финляндия), В.Р. Шутенков (ПРАО РАН). EAS Publ. Ser. 61, 439 (2013).

АНАЛИЗ FRII-РАДИОИСТОЧНИКОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ МИССИИ PLANCK

Для 126 источников морфологического типа FRII с крутыми спектрами из RCR-каталога, составленного по обзорам РАТАН-600, проанализированы изображения в миллиметровом и субмиллиметровом диапазонах (Planck). Среднее красное смещение выборки больше 1.5. Около трети источников выборки имеет минимум на картах мм-диапазона, что может являться признаком протоскопления в области объекта. Для нескольких источников найдены отождествления со слабыми ($< 3\sigma$) положительными пиками карт. Миллиметровое и субмиллиметровое излучение у далеких радиогалактик обусловлено излучением пыли в родительских эллиптических галактиках.

О.В. Верходанов, Е.К. Майорова, Д.И. Соловьев, О.П. Желенкова, А.В. Темирова, Ю.Н. Парижский.

ГИГАНТСКИЕ РАДИОГАЛАКТИКИ



suggested a weak quasar (as it was originally) or a double AGN. Thus, RC J1740+0502 is a probable candidate to a double AGN with the distance between components of the pair ~6 kpc at $z > 3$.

Both the first and second sources belong to powerful FRII radio galaxies with luminosities $3 \cdot 10^{29}$ W/Hz and $3 \cdot 10^{28}$ W/Hz respectively. Such energy release is ascribed to presence of a supermassive black hole with mass $\approx 10^9 M_{\odot}$.

Yu.N. Parijskij, P.Thomasson (GB), O.P. Zhelenkova, A.I. Kopylov, A.V. Temirova, O.V. Verkhodanov, V.N. Komarova, I.V. Sokolov (TF IARAS), R. Beswik (GB), T. Maxlow (GB), T. Pursimo (Finland), V.R. Shutenkov (PRAO). EAS Publ. Ser. 61, 439 (2013).

ANALYSIS OF FRII RADIO SOURCES BY PLANCK MISSION IMAGES

Planck mission millimeter and submillimeter range images of 126 morphological FRII type sources with steep spectra from the RCR catalog compiled by RATAN-600 surveys were analyzed.

The average red shift of the sample is higher than 1.5. About one third of the sample sources have minimum in millimeter range maps, which can be a sign of a protocluster in the object region.

Several sources were identified with weak ($< 3\sigma$) positive peaks in the maps.

Millimeter and submillimeter radiation of distant galaxies can be caused by dust emission in elliptical host galaxies.

O.V. Verkhodanov, E.K. Majorova, D.I. Soloviev, O.P. Zhelenkova, A.V. Temirova, Yu. N.Parijskij.

GIANT RADIO GALAXIES

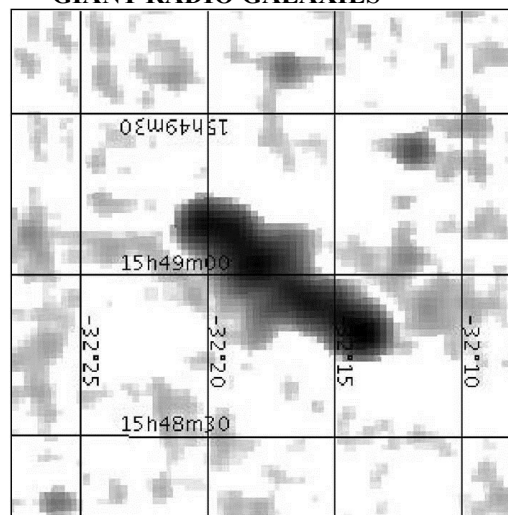


Рис. 48. J015756.3+020950 (слева) и J154901.7-321747 (справа) - две обнаруженные радиогалактики с X-формой, морфология которых согласно популярной гипотезе указывает на быстрое изменение оси вращения ядра галактики в результате слияния черных дыр в центрах исходных галактик.

Fig. 48. J015756.3+020950 (left) and J154901.7-321747 (right) – two detected radio galaxies with the X form. According to the popular hypothesis, their morphology is indicative of fast change of the galaxy nucleus rotation axis resulting from merging of black holes in centers of initial galaxies.

Проведены исследования кандидатов в гигантские радиогалактики (ГРГ), отобранных по компонентам, которые представлены как отдельные источники в обзоре NVSS. Метод основан на сопоставлении осей протяженных компонентов радиоисточников обзора NVSS с разделением более 4', описанных в каталоге как независимые объекты (Отчет САО РАН 2011, с. 79). Для 50 радиогалактик проведено радио и оптическое отождествление с использованием баз данных CATS, NED и SkyView. Среди объектов, обнаруженных с помощью предложенного метода, найдено 13 новых слабых ГРГ, семь из которых имеют линейные размеры больше 0.5 Мпк, а шесть - больше 1 Мпк. Среди отобранных радиоисточников обнаружена радиогалактика NVSS J154901.7-321747 смешанного типа - результат слияния двух активных галактических ядер (рис. 48).

Д.И. Соловьев, О.В. Верходанов.

НОВЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ОДНОРОДНОСТИ КАРТ СМВ

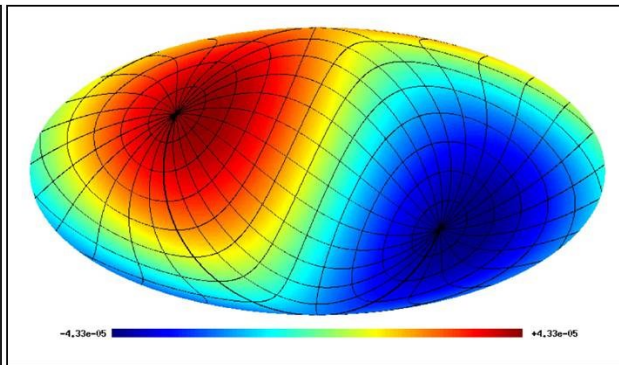
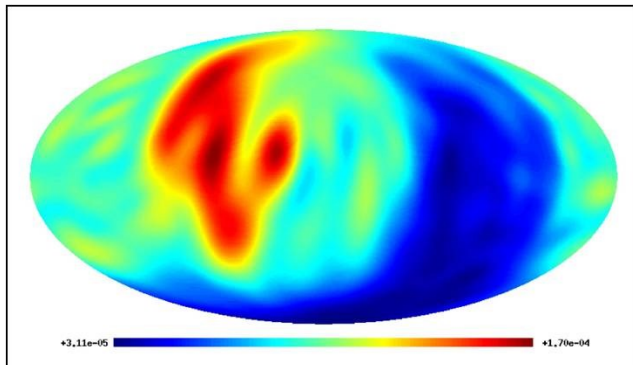


Рис. 49. Слева - результат применения спектрального эстиматора, построенного на вычисление среднего значения углового спектра мощности C_ℓ модифицированной карты, к данным миссии Planck. Модифицированная карта, полученная с помощью эстматора, строилась присвоением каждому пикселу результата осреднения спектра, который рассчитывался для всевозможных разбиений сферы по полусферам и нечетного копирования сигнала полусфер. Справа - диполь этой карты, на который наложена сетка эклиптической системы координат. Направление диполя демонстрирует выделенность эклиптической системы координат в данных миссии Planck, обнаруженную при применении нового эстиматора.

Fig. 49. Left: a result of application of the spectral estimator built on calculation of the average meaning of the angular power spectrum C_ℓ of modified map to the Planck mission data. The modified map obtained with the estimator was built in the following way: every new pixel is a result of averaging the spectrum calculated for various decompositions of the sphere to hemispheres and odd copying of the signal of hemispheres. Right: a dipole of this map superimposed with the ecliptic coordinate grid in the Planck mission data detectable when applying the new estimator.

Предложен новый метод анализа однородности карт микроволнового фона, основанный на вариации углового спектра мощности. Статистический алгоритм анализа позволяет обнаруживать и исследовать анизотропию сигнала на низких мультиполях ($\ell < 100$). Метод чувствителен к слабым неоднородностям и основывается на измерении дисперсии спектра мощности для разных полусфер, содержащих фоновый сигнал.

Для визуализации эффектов предложен способ картографирования подобного изменения дисперсии и

We studied candidates to giant radio galaxies (GRGs) selected by components presented as separate sources in the NVSS survey. The method is based on comparison of axes of extended components of NVSS radio sources separated by more than 4 arc minutes and described as independent objects in the catalog (SAO RAS Report 2011, p. 79).

Radio and optical identification with the use of CATS, NED and SkyView databases was fulfilled for 50 radio galaxies. Among objects detected by the suggested method 13 new weak GRGs were found, 7 of them having linear size more than 0.5 Mpc, and 6 of them – more than 1 Mpc.

Among the selected radio sources we detected the mixed-type radio galaxy NVSS J154901.7-321747 – a result of the merging of two active galactic nuclei (Fig. 48).

D.I. Soloviev, O.V. Verkhodanov.

A NEW METHOD OF HOMOGENEITY ANALYSIS OF CMB MAPS

A new method of homogeneity analysis of microwave background maps based on variation of the angular power spectrum was suggested. The statistic algorithm of the analysis allows us detecting and studying signal anisotropy at low multipoles ($\ell < 100$). The method is sensitive to weak inhomogeneities. It is based on measurement of the power spectrum dispersion for different hemispheres containing the background signal.

To visualize the effects, a method of mapping such change of dispersion and its projection as a new map

отображения его в виде новой карты на сфере. Проведен анализ сигнала для карт (миссия Planck) с высоким разрешением. В результате обнаружена асимметрия, связанная с эклиптической системой координат, в распределении положения пятен (рис. 49).
 Я.В. Найден, О.В. Верходанов.

on sphere was suggested.

The signal in Planck mission maps of high resolution was analyzed. It resulted in detection of asymmetry related to the ecliptic coordinate system in the spot location distribution (Fig. 49).

Ya.V. Naiden, O.V. Verkhodanov.

**ПОИСК КОРРЕЛЯЦИЙ CMB
 ПО КАРТАМ WMAP И PLANCK
 И ОБЗОРУ SDSS**

**SEARCH FOR CMB CORRELATIONS BY
 WMAP AND PLANCK MAPS
 AND SDSS SURVEY**

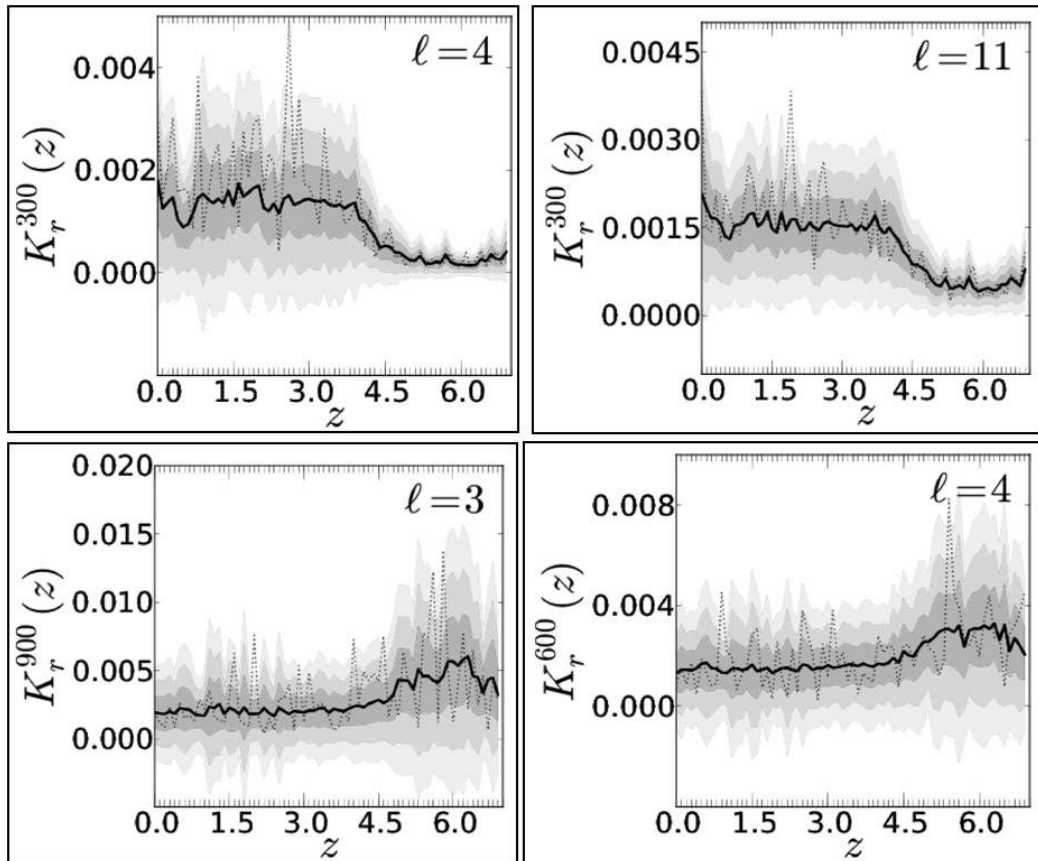


Рис. 50. Угловые спектры мощности для заданных гармоник карты корреляций данных SDSS (плотности потока в фильтре r обзора SDSS, объекты из диапазона красных смещений $1 \leq z < 1.1$) и ILC WMAP, являющиеся сечениями функции $K(\backslash{b}n, \omega, z, \ell)$ (здесь $\backslash{b}n$ - направление на сфере, ω - размер корреляционного окна) в параметрическом пространстве (z, ℓ) , где $z \in [z; z+\Delta z]$, $\Delta z = 0.1$, ℓ - номер мультиполя исходной карты CMB, для которого построена карта, участвующая в процедуре мозаичной корреляции.

Слева-направо, сверху-вниз: (1) рисунок «эволюционной» (т.е. меняющейся с z) корреляции $K_{\tilde{\ell}}(z, \ell)$, где $K_{\tilde{\ell}}=4$ гармоника из корреляционной карты, $\ell=50$ - гармоника исходной карты CMB, размер окна корреляции выбран $\omega=300'$, амплитуда сигнала выше уровня 3σ ; (2) корреляция $K_{\tilde{\ell}}(z, \ell)$, $\tilde{\ell}=11$, $\ell=30$, $\omega = 600'$, уровень $>2\sigma$; (3) $\tilde{\ell}=3$, $\ell=100$, $\omega=900'$, уровень $>3\sigma$; (4) $\tilde{\ell}=4$, $\ell=100$, $\omega=600'$, уровень $>3\sigma$; Наблюдаемые пики, выходящие за 2σ -уровень разброса, соответствуют корреляционным масштабам с выделенным пространственным размером на данном красном смещении.

Fig. 50. Angular power spectra for given harmonics of the map of SDSS data correlations (flux density in the r band of the SDSS survey, the objects are in the red shift range $1 \leq z < 1.1$) and ILC WMAP which are sections of the function $K(\backslash{b}n, \omega, z, \ell)$ (here $\backslash{b}n$ is a direction on sphere, ω is a correlation window size) in the parametric space (z, ℓ) , where $z \in [z; z+\Delta z]$, $\Delta z = 0.1$, ℓ is a multipole number of the initial CMB map for which the map participating in the mosaic correlation procedure is built. From left to right downward: (1) the image of “evolutionary” (i.e. changing with z) correlation $K_{\tilde{\ell}}(z, \ell)$, where $K_{\tilde{\ell}}=4$ is a harmonic from the correlation map, $\ell=50$ is a harmonic of the initial CMB map, the correlation window size is chosen as $\omega=300'$, the signal amplitude is higher than the 3σ level; (2) the correlation $K_{\tilde{\ell}}(z, \ell)$, $\tilde{\ell}=11$, $\ell=30$, $\omega = 600'$, the level $>2\sigma$; (3) $\tilde{\ell}=3$, $\ell=100$, $\omega=900'$, the level $>3\sigma$; (4) $\tilde{\ell}=4$, $\ell=100$, $\omega=600'$, the level $>3\sigma$. Observed peaks exceeding the 2σ level of dispersion correspond to correlation scales with the selected space size at a given red shift.

Исследована корреляция микроволнового фона (МФ) по картам миссий WMAP (NASA) и Planck (ESA) и распределения галактик на различных красных смещениях по данным оптического обзора SDSS. Связанные с крупномасштабной структурой на разных красных смещениях эффекты (эффекты Сакса-Вольфа и Зельдовича-Сюнэева, гравитационное линзирование и реионизация водорода в эпоху появления первых звезд и квазаров) сказываются на МФ.

Для исследования флуктуаций МФ рассчитана пятимерная корреляционная функция, которая выделяет угловые масштабы корреляций по небесной сфере на разных z . Построены угловые спектры мощности двумерных срезов корреляционной функции, которые представлены в виде мозаичных карт корреляций, а также как распределение корреляционных коэффициентов между МФ и галактиками (рис. 50). Обнаружено существование выделенных масштабов (2° - 3°) на $1 < z < 2$, которые соответствуют линейному размеру максимальной ячейки неоднородности около 60 Мпк.

Я.В. Найден, О.В. Верходанов. Астрофиз. бюлл. 68, 471 (2013).

ВЕБ-СЕРВИСЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ПРОТЯЖЕННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Запущен в работу сервер <http://cmb.sao.ru>, предоставляющий пользователям веб-сервисы для построения карт протяженного излучения по всему небу из сферических гармоник в сетке пикселизации GLESP, включая сглаживание карт диаграммой направленности разного углового размера в пространстве мультиполей, накладывание масок, выделение областей неба по заданными координатами. Интерфейс создан в среде разработки веб-приложений Django на языке Python. База данных сервера содержит карты распределения излучения и их разложение по сферическим гармоникам из обзоров неба WMAP, Planck, 408 МГц, 1400 ГГц, IRAS, ROSAT и др.

О.В. Верходанов, Я.В. Найден, В.Н. Черненко, Н.В. Верходанова.

РОСТ ПОГЛОЩЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДО И В ТЕЧЕНИЕ ЯРКИХ РАДИОВСПЫШЕК В GRS 1915+105

В ходе 250-дневного мониторинга микроквазара GRS 1915+105 в диапазоне 4.8-11.2 ГГц зарегистрированы яркие вспышки с оптически тонким радиоспектром (рис. 47). Они ассоциируются с релятивистскими струйными выбросами, генерирующими электроны, которые излучают в рамках синхротронного механизма. Отмечено, что за несколько часов до радиовспышек интенсивность рентгеновского излучения увеличивается в несколько раз, затем становится сильно переменной в процессе самого выброса.

По данным рентгеновской спектроскопии (обсерватория MAXI, установленная на японском модуле МКС) и полученным кривым рентгеновского блеска в диапазоне 2-20 кэВ впервые проведена оценка

A correlation between cosmic microwave background (CMB) in the WMAP (NASA) and Planck (ESA) mission maps and galaxy distribution at different red shifts in data of the optical survey SDSS was studied. The effects related to the large-scale structure at different red shifts (the Sachs-Wolfe and Zeldovich-Syunayev effects, gravitational lensing and reionization of hydrogen at the epoch when first stars and quasars appeared) have an impact on CMB. To study CMB fluctuations a 5D correlation function was calculated which selects angular correlation scales over the celestial sphere at different z . The angular power spectra of 2D cuts of the correlation function were built which are presented as mosaic correlation maps and as a correlation coefficient distribution between CMB and galaxies (Fig. 50).

It was discovered that there are selected scales (2-3 degrees) at $1 < z < 2$ which correspond to the linear size of maximal inhomogeneity cell of about 60 Mpc.

Ya.V. Naiden, O.V. Verkhodanov, Astrophys.Bull., 68, 471 (2013).

WEB SERVICES FOR BUILDING MAPS OF EXTENDED RADIATION

The server <http://cmb.sao.ru> was started up. It provides users with web services for building maps of extended radiation all over the sky from spherical harmonics in the GLESP pixelization grid, including the map smoothing by antenna diagrams of different angular sizes in the multipole space, the masking, and selection of sky areas by given coordinates.

The Python-language interface was created in the web application development framework Django. The server database contains the radiation distribution maps and their spherical harmonic expansion from the sky surveys WMAP, Planck, 408 MHz, 1400 GHz, IRAS, ROSAT, etc.

O.V.Verkhodanov, Ya.V.Naiden, V.N.Chernenkov, N.V.Verkhodanova

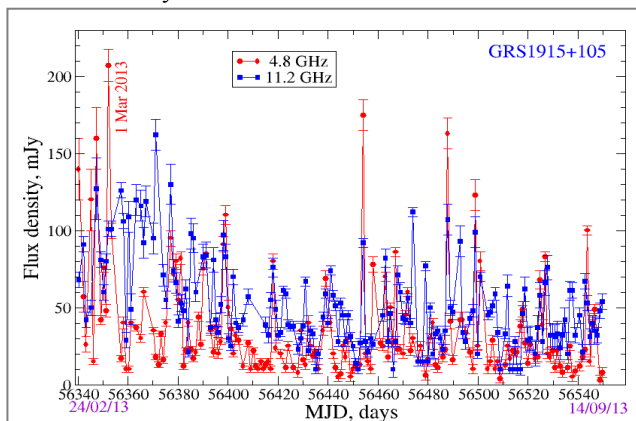
THE INCREASE OF X-RAY ABSORPTION BEFORE AND DURING BRIGHT RADIO FLARES IN GRS 1915+105

During the 250-day monitoring of the microquasar GRS 1915+105 in the range 4.8-11.2 GHz the bright flares with an optically thin radio spectrum were registered (Fig. 47). They are associated with relativistic jets generating electrons which emit in compliance with the synchrotron mechanism.

It is noted that several hours before radio flares the intensity of X-ray emission increases by several times, then it becomes very variable in the process of jet itself.

From X-ray spectroscopy data (the observatory MAXI set on the Japanese module of ISS) and the X-ray light curve obtained in the range 2-20 keV the time of beginning and ending of the event related

времени начала и завершения самого события, связанного с истечением струй, в двух ярких вспышках с точностью лучше 3 часов.



with the jet outflow in two bright flares was first estimated to a precision better than 3 hours.

Рис. 51. Кривая блеска (наблюдения РАТАН-600) микроквазара GRS 1915+105.

Fig. 51. The light curve (as observed by RATAN-600) of the microquasar GRS 1915+105.

Предполагается, что перед вспышкой и при ее течении рентгеновское излучение испытывает сильное внутреннее поглощение из-за существенного возрастания плотности водорода (в 3-7 раз). Это соответствует как модели с ростом концентрации аккрецирующего вещества на относительно высоких дисковых «широтах» вокруг черной дыры, так и модели, когда во время выброса растет плотность истекающего ветра от самой тесной двойной системы (рис. 51).

It is supposed that before and during the flare the X-ray emission undergoes strong internal absorption due to considerable increase of hydrogen density (by 3-7 times).

It corresponds both to the model in which the accretion matter concentration increases at relatively high disk «latitudes» around the black hole, and to the model in which the density of outflowing wind from the close binary system increases during ejection (Fig. 51).

Б. Пансли (США), Дж. Родригес (Франция), С.А. Трушкин.

B. Punsly (USA), J. Rodriguez (France), S.A. Trushkin.

МОНИТОРИНГ SS 433

THE MONITORING OF SS433

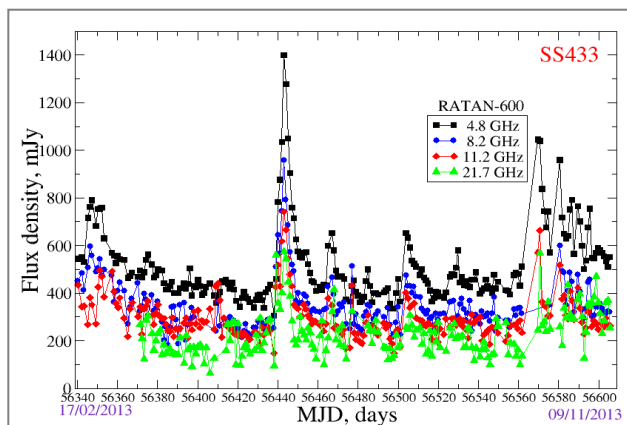


Рис. 52. Кривые блеска (наблюдения РАТАН-600) SS 433 на четырех частотах.

Fig. 52. Light curves (as observed with RATAN-600) of SS 433 at four frequencies.

В июле 2013 г. была обнаружена очень яркая вспышка от микроквазара SS 433 с потоком на 5 ГГц около 1.7 Ян с оптически тонким синхротронным степенным спектром со спектральным индексом -0.7, что несколько круче, чем в спокойном состоянии. Интересно, что таких ярких вспышек было не больше десяти за всю историю исследований SS433 (Отчет САО РАН 2011, с. 74-75). Подъем активности в конце 2013 г. отражается и на повышении потоков на более низкой частоте 240 МГц, где излучение источника оптически толстое. Вспышки в SS433 (рис. 52) хорошо описываются одной кратковременной (меньше суток) генерацией релятивистских электронов, с последующим адиабатическим расширением объема радиоизлучения в течение 10 дней. Сейчас идет

In July 2013 a very bright flare was detected from the microquasar SS 433 with the flux about 1.7 Jy at 5 GHz with a thin synchrotron power spectrum of the spectral index -0.7, which is somewhat steeper than that in the quiet state. It is interesting that there were not more than 10 so bright flares during the whole SS433 study history (SAO RAS Report 2011, pp. 74-75). The activity rising at the end of 2013 had effect also on the rise of flux at a lower frequency of 240 MHz where the source emission is optically thick. The flares in SS433 (Fig. 52) are described well by one short (less than a day) generation of relativistic electrons with subsequent adiabatic expansion of the radio emission volume during 10 days. Now SS 433 light curves are being compared in

детальное сравнение кривых блеска SS 433 с данными, полученными на низкочастотном телескопе LOFAR (PI: R. Fender, Саутхемптон). В начале года проведены совместные исследования SS 433 на РАТАН-600 и обсерватории Интеграл (PI: К. Постнов).

С.А. Трушкин, Н.А. Низельский, П.Г. Цыбулев, Р. Фендер, Д. Бродерик (Великобритания).

ДВОЙСТВЕННАЯ ПРИРОДА GPS-ОБЪЕКТОВ

Gigahertz Peaked-Spectrum (GPS) галактики и квазары - источники мощного радиоизлучения, имеющие пик радиоспектра в диапазоне от 0.5 до десятков ГГц. GPS-объекты характеризуются малыми размерами (<1 кpc) и низкой амплитудой переменности в радиодиапазоне. Их исследования осложняются недостатком наблюдательного материала, охватывающего длительные промежутки времени.

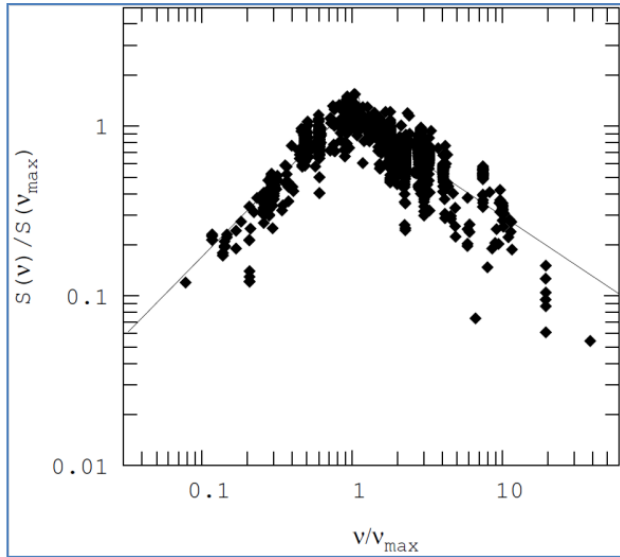
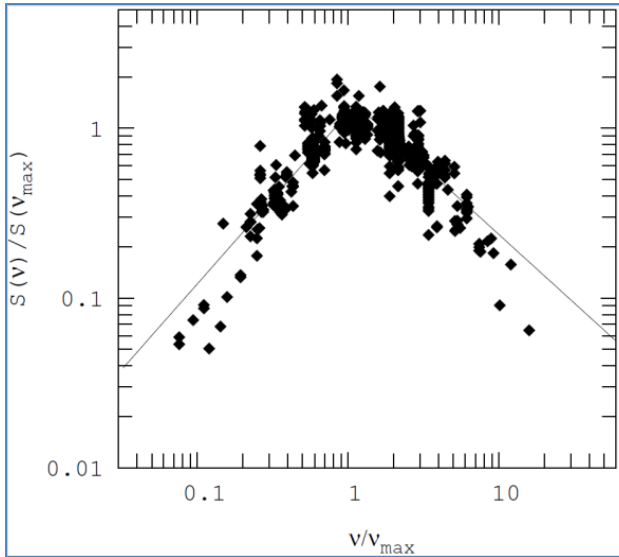


Рис. 53. Нормированный на максимальный поток и частоту радиоспектр GPS-галактик (слева) и квазаров (справа). Спектральные индексы $\alpha_{below}=+1.01\pm 0.01$ и $\alpha_{above}=-0.81\pm 0.01$ для галактик и $\alpha_{below}=+0.90\pm 0.01$ и $\alpha_{above}=-0.59\pm 0.01$ для квазаров.

Fig. 53. Radio spectrum of GPS galaxies (left) and quasars (right) normalized to the maximum flux and frequency. Spectral indexes are $+1.01\pm 0.01$ and -0.81 ± 0.01 for galaxies and $+0.90\pm 0.01$ and -0.59 ± 0.01 for quasars.

До сих пор однозначно не установлено, являются ли GPS-галактики и GPS-квазары объектами одного класса, видимыми под разными углами, или же они различаются по своей природе. Их малые линейные размеры связывают с молодым возрастом, полагая, что они являются предшественниками протяженных радиосистем, а также объясняют это наличием плотной окружающей среды или эффектами проекции.

На основе имеющихся многочастотных каталогов в базе данных CATS и наблюдений на РАТАН-600 (2006-2013 гг.) составлен компилятивный каталог GPS-кандидатов, включивший 112 объектов. Каталог содержит спектральные характеристики объектов, характеристики переменности и оценки угловых размеров излучающих областей.

При анализе среднего нормализованного радиоспектра

detail with data obtained with the low-frequency telescope LOFAR (PI: R. Fender, Southampton). At the beginning of the year, SS433 was jointly studied with RATAN-600 and the observatory Integral (PI: K. Postnov).

S.A. Trushkin, N.A. Nizhelsky, P.G. Tsybulev, P. Fender, D. Broderick (Great Britain).

DUAL NATURE OF GPS OBJECTS

Gigahertz Peaked-Spectrum (GPS) galaxies and quasars are sources of powerful radio emission with a peak in the radio spectrum range from 0.5 to tens of GHz. GPS objects are characterized by small size (<1 kpc) and low variability amplitude in the radio range. The study of GPSs is complicated by shortage of observational material covering long periods (years).

So far it is not established yet unambiguously if GPS galaxies and GPS quasars are objects of one class seen at different angles or their natures differ.

Small linear size of GPS objects is attributed to young age. It is thought that they are precursors of extended radio sources. Also it can be explained by dense environment or projection effects.

A catalog of GPS candidates containing 112 objects was compiled on the basis of multi-frequency catalogs available in the CATS database and RATAN-600 observations (2006-2013). The catalog includes spectral characteristics of objects, variability characteristics and estimations of angular size of radiating regions.

When analyzing an average normalized radio

GPS-галактик и GPS-квазаров выявлено, что галактики имеют более узкие спектры и более крутые высокочастотные спектральные индексы, чем квазары (рис. 53). Для обоих типов объектов отмечено увеличение низкочастотного спектрального индекса с ростом красного смещения z . Наблюдается дефицит объектов на больших красных смещениях с низкими частотами пика (несколько ГГц). Возможно, на больших z отсутствуют объекты с крупными компонентами синхротронного самопоглощения. Косвенные оценки подтверждают наличие вещества с высокой плотностью излучающих частиц в околоядерных областях GPS-объектов.

М.Г. Мингалиев, Ю.В. Сотникова, И. Торнийainen (Финляндия), М. Торниковски (Польша), Т.В. Муфхаров, А.К. Эркенов, Р.Ю. Удовицкий. A&A, 544, 25 (2012); Астрофиз. бюлл., 68, 262 (2013).

ВЕЛИКОЕ ПРОТИВОСТОЯНИЕ МАРСА - ПОИСК ВОДЫ НА МАРСЕ

Работами Пулковской школы радиоастрономии были получены первые доказательства высокого давления на поверхности Венеры по распределению радиояркости на волне 8 мм (Большой пулковский радиотелескоп), обнаружено радиоизлучения всех спутников Галилея, а также деформация поясов радиации под действием солнечного ветра. Высокое разрешение современных радиотелескопов позволяет проводить более детальные исследования объектов Солнечной системы.

spectrum of GPS galaxies and GPS quasars it was found that galaxies have narrower spectra and steeper high-frequency spectral indexes than quasars (Fig. 53). It was noted for both object types that the low-frequency spectral index increases as the red shift increases. A deficit of objects with low peak frequency (several gigahertz) at high red shifts is observed. It is possible that at high z there are no objects with large components of synchrotron self-absorption.

The presence of matter with high density of radiating particles in near-nuclear regions of GPS objects is confirmed by indirect estimations.

M.G. Mingaliev, Yu.V. Sotnikova, I. Torniiainen (Finland), M. Tornikovsky(Poland), T.V. Mufakharov, A.K. Erkenov, R.Yu. Udovitsky. A&A, 544, 25 (2012); Astrophys. Bull. 68, 262 (2013).

THE FAVORABLE OPPOSITION OF MARS – SEARCH FOR WATER ON MARS

Works of the Pulkovo school of radio astronomy provided the first proofs of high pressure on the Venus surface (Big Pulkovo Radio telescope) at the wavelength 8 mm, detected of radio emission of all Galilean satellites and deformation of radiation belts under action of the solar wind.

High resolution of modern radio telescopes allows us fulfilling more detailed study of objects of the Solar system.

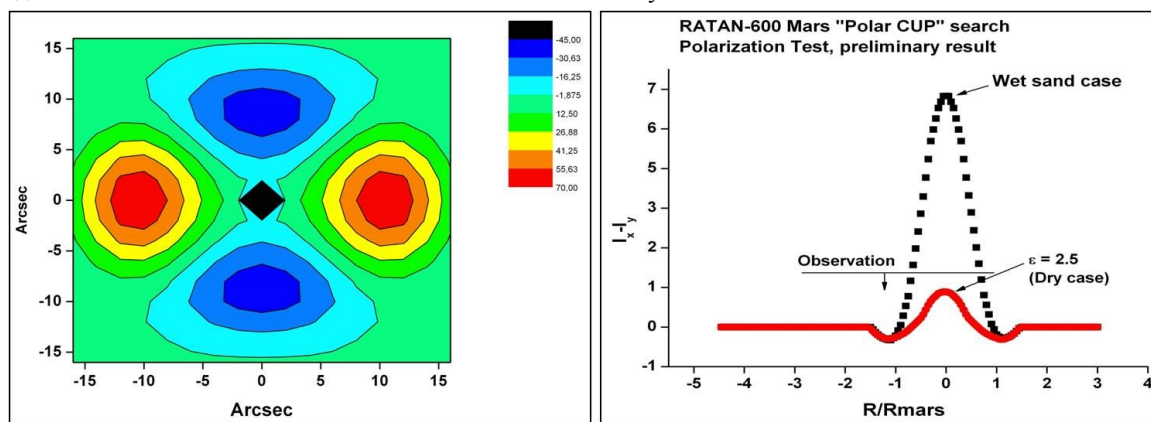


Рис. 54. Слева - квадрупольная структура радиоизлучения Марса в параметре Стокса Q; справа – сравнение поляризации излучения полярных шапок Марса с моделью.

Fig. 54. Left – the quadrupole structure of radio emission of Mars in the Stokes parameter Q; right – comparison of emission of Mars polar caps with a model.

Космические лучи и солнечный ветер вызывают рождение вторичных подповерхностных «ливней» на небесных телах Солнечной системы. Альбедное излучение возникает на глубине 1-2 м, а спектр альбедных нейтронов чувствует химический состав поверхностных слоев. Так радиоастрономическими методами можно регистрировать показатель преломления на границе поверхности Марса. Независимые от данных нейтронной спектроскопии атмосфер планет оценки свойств поверхности полярных шапок Марса можно получить по

Cosmic rays and the solar wind induce generation of secondary subsurface «showers» on celestial bodies of the solar system. Albedo radiation arises at a depth of 1-2 m, and the spectrum of albedo neutrons is sensitive to chemical composition of surface layers. Thus, it is possible to register the refractive index at the Mars surface boundary by radio astornomical methods.

The surface properties of Mars polar caps can be obtained independently of data on neutron spectroscopy of planet atmosphere by polarization of

поляризации их радиоизлучения.

Проведены наблюдения Марса в момент великого противостояния на фокальной матрице радиометров на волне 1 см. Измерения показали завал спектра в мягком диапазоне, что можно объяснить наличием легких атомов типа водородных в составе водяного льда полярных шапок (рис. 54), т.е. поляризация радиоизлучения верхнего покрова полярных шапок Марса согласуется с сухим покровом, а не с влажным.

Для согласования данных РАТАН-600 с данными протонной спектроскопии альбедных нейтронов необходимо изменить простую предложенную модель и ввести более сложную модель полярных шапок (лёд покрытый достаточно толстым слоем твердой углекислоты или др.)

Ю.Н. Парийский, А.Б. Берлин, Н.А. Нижельский, Т.А. Семенова.

ЛУНА И He-3 ЭНЕРГЕТИКА

Продукты ядерных реакций в недрах Солнца выносятся солнечным ветром и попадают на незащищенную атмосферой поверхность Луны. К этим продуктам относится и один из самых перспективных для ядерной энергетики - He-3, который наиболее эффективно захватывается именно реголитом или лунным грунтом, возникшим в результате дробления, перемешивания и спекания лунных пород при падениях метеоритов и микрометеоритов в условиях вакуума, и ничем не ослабленного космического излучения

Высокое разрешение нового оборудования позволяет использовать РАТАН-600 для участия в экспериментах по поиску областей на поверхности Луны богатых реголитом. По наблюдениям РАТАН-600 было показано, что наземная радиоастрономия высокого разрешения позволяет выделять области на Луне с реголитом по их термическим и электродинамическим свойствам.

Ю.Н. Парийский, Т.А. Семенова, Н.А. Нижельский, А.Б. Берлин.

ИССЛЕДОВАНИЯ СОЛНЦА

ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЛАСТИ ИСТЕЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ ИЗ ТЕНИ И ПОЛУТЕНИ КРУПНОГО ПЯТНА

По спектрально-поляризационным наблюдениям в диапазоне от 1.7 см до 3 см обнаружено холодное поляризованное излучение обыкновенной моды в локальном источнике над крупным пятном NOAA 11289, которое на 2000-3000°K ниже температуры спокойного Солнца, при температуре необыкновенной моды, превышающую фоновую на величину около 30000-40000°K (рис. 55, слева).

Эта область корональной плазмы примыкает к тени крупного пятна, и подтверждается истечением плазмы

their radio emission.

Mars was observed at a wavelength of 1 cm of the focal array of radiometers at the moment of the favorable opposition. Measurements showed a falling in the soft range of spectrum, which can be explained by presence of light atoms of the hydrogen type in water ice of the polar caps (Fig. 54), i.e. polarization of radio emission of the upper cover of Mars polar caps agrees with a dry cover, but not with a humid one. To reconcile RATAN-600 data with data of proton spectroscopy of albedo neutrons it is necessary to change the suggested simple model and to introduce a more complicated model of polar caps (the ice covered with a rather thick layer of hard carbon dioxide).

Yu.N. Parijskij, A.B. Berlin, N.A. Nizhelsky, T.A. Semenova.

THE MOON AND He-3 ENERGY

Products of nuclear reactions occurring in the Sun interior are carried out by the solar wind and get to the Moon surface which is not protected by atmosphere. One of the most promising of these products for nuclear power engineering is He-3 which is captured the most effectively just by regolith or moon soil resulting from the breakage, mixing and sintering of moon rocks by the fall of meteorites and micrometeorites under conditions of vacuum and cosmic radiation which is not weakened by anything.

The high resolution of new equipment allows us using RATAN-600 for participation in experiments of search for regions rich in regolith on the Moon surface. From RATAN-600 observations it was shown that the ground-based radio astronomy of high resolution permits us selecting regions on the Moon with regolith by their thermal and electrodynamic properties.

Yu.N. Parijskij, T.A. Semenova, N.A. Nizhelsky, A.B. Berlin.

STUDY OF THE SUN

DETECTION OF A REGION OF PLASMA OUTFLOW FROM SHADOW AND HALF-SHADOW OF A LARGE SPOT

From spectral-polarizational observations in the range from 1.7 cm to 3 cm we detected cold polarized radiation of the ordinary mode in a local source over the large spot NOAA 11289 which is lower by 2000-3000°K than temperature of the quiet Sun with the temperature of the extraordinary mode exceeding the background one by a value of about 30000-40000°K (Fig. 55, left).

This region of coronal plasma adjoins the shadow of a large spot; it is confirmed by the plasma outflow

вверх со скоростью до 12 км/с (Fe XII 195Å, EIS) и низкой плотностью корональной плазмы около $5 \times 10^8 \text{cm}^{-3}$ (рис. 55, справа).

upwards at a velocity of up to 12 km/s (Fe XII 195Å, EIS) and low density of the coronal plasma about $5 \times 10^8 \text{cm}^{-3}$ (Fig. 55, right).

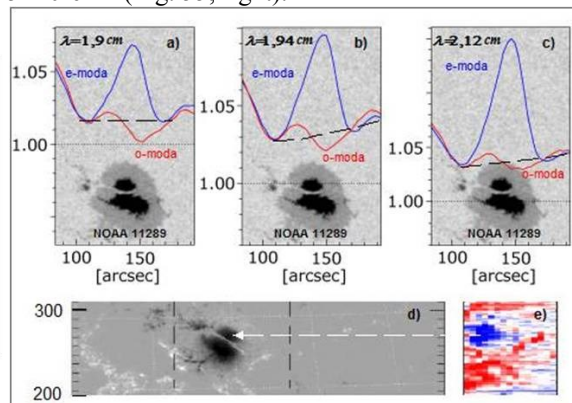
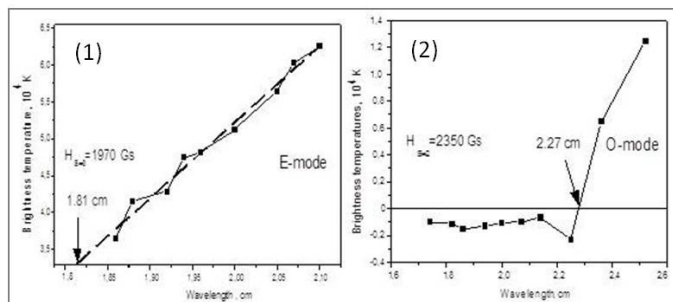


Рис. 55. Слева - спектры поляризованного излучения NOAA 11289: (1) - спектр яркостных температур для E-моды и оценка магнитного поля по 3-й гармонике гирочастоты; (2) - спектр яркостных температур для O-моды и оценка магнитного поля по 2-й гармонике гирочастоты. Видна пониженная яркость на волнах короче 2.27 см.

Справа: а), b), c) - сопоставление сканов на волнах 1.9, 1.94 и 2.12 см с SDO магнитограммой NOAA 11289, d) и e) сопоставление с картой доплеровской скорости в линии Fe XII (195Å, $T_m = 1.4 \times 10^6$ K) от -13,8 км/с (синий цвет – восходящие потоки) до 12 км/с (красный цвет – нисходящие потоки).

Fig. 55. Left: spectra of polarized radiation of NOAA 11289. (1) – the brightness temperature spectrum for the E-mode and estimation of magnetic field by the 3rd harmonics of gyrofrequency. (2) – the brightness temperature spectrum for the O-mode and estimation of magnetic field by the 2nd harmonics of gyrofrequency. The lower brightness at wavelengths shorter than 2.27 cm is seen.

Right: a), b), c) – comparison of scans at the wavelengths 1.9, 1.94 and 2.12 cm with the SDO magnetogram of NOAA 11289, d) and e) – comparison with the Doppler velocity map in the line Fe XII (195Å, $T_m = 1.4 \times 10^6$ K) from -13,8 km/s (the upflows are shown by blue) to 12 km/s (the downflows are shown by red).

Данное явление может указывать как на излучение плазмы в магнитном поле пятна на подфотосферных уровнях, так и на охлаждение плазмы ввиду быстрого ее испарения. Истечение корональной плазмы из пятен может определять изменения в формировании потоков солнечного ветра.

This phenomenon can indicate both radiation of plasma in magnetic field of the spot at subphotosphere levels and the cooling of plasma due to its fast evaporation. Outflow of coronal plasma from spots can determine a change in formation of solar wind flows.

Н.Г. Петерова, В.М. Богод, Н.А. Топчило (СПбГУ), Б.И. Рябов (Латвия).

N.G. Peterova, V.M. Bogod, N.A. Topchilo (StPSU), B.I. Ryabov (Latvia).

ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТНОЙ СТРУКТУРЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ

DIRECT MEASUREMENTS OF HIGH-ALTITUDE STRUCTURE OF MAGNETIC FIELD IN ACTIVE REGIONS

Для непосредственного измерения высот магнитного поля используются одновременные многоволновые наблюдения активных областей Солнца на больших позиционных углах. При этом находящиеся на лимбе активные области регистрируются на одномерном скане вдали от его края, значительно уменьшая краевые лимбовые эффекты (рис. 56). Метод эффективно работает в периоды весеннего и осеннего равноденствий, когда позиционные углы максимальны.

For the direct measuring of altitudes of magnetic field the simultaneous multiwave observations of active regions of the Sun at large position angles are used. In doing so, the active regions located on the limb are registered simultaneously at a one-dimensional scan far from its edge, which reduces the limb edge effect considerably (Fig. 56). The method is effective in periods of the vernal and autumnal equinoxes when position angles are maximum.

Проведенные измерения дают возможность определять наклон магнитной структуры и ее высотный градиент. На примере многих наблюдений показано, что высотные структуры отличаются большим разнообразием - от монотонных с градиентами около 0.1 Гс/км для спокойных областей

The fulfilled measurements make it possible to determine inclination of magnetic structure and its altitude gradient. By the example of many observations it was shown that altitude structures are notable for a wide variety – from monotonous ones with the gradient about 0.1 Gs/km for quiet regions

и до 1.6 Гс/км в случае вспышечно-активных областей.
В.М. Богод, Л.В. Яснов (СПбГУ). *Астрофиз. бюлл.* **68**, 366 (2013).

to 1.6 Gs/km in the case of flare-active regions.
V.M. Bogod, L.V. Yasnov (StPSU), *Astrophys. Bull.* **68**, 366 (2013).

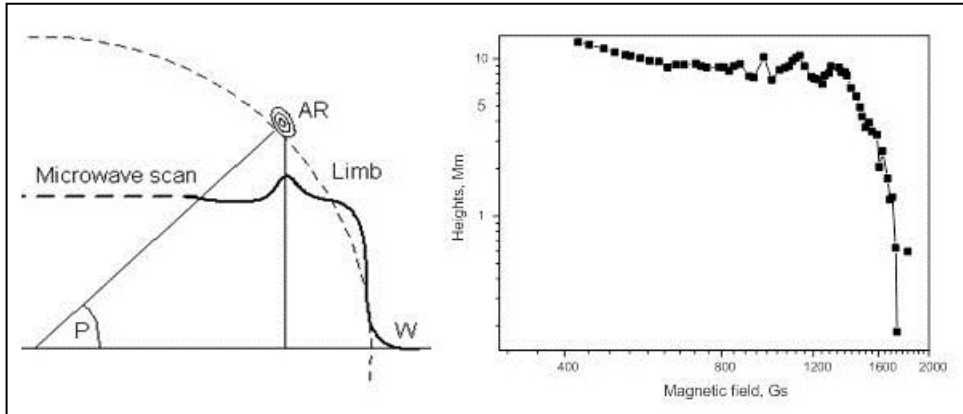


Рис. 56. К методике измерения положения центра радиоисточника в активной области, который измеряется одновременно на многих длинах волн. Угловое расстояние источника на разных длинах волн переводится в расстояние на диске Солнца, затем это расстояние с учетом позиционного угла P переводится в разность высот источника. P - угол направления на лимбовый источник из центра Солнца в азимутальной системе координат. Справа - вертикальная структура магнитного поля для активной области NOAA 11289.

Fig. 56. On the method of measuring location of a radio source center in an active region, which is measured at many wavelengths simultaneously. The angular distance of a source at different wavelengths is converted to distance on the disk of the Sun; then, taking into account the position angle P , this distance is converted to the difference between altitudes of the source. P is an angle of direction to a limb source from the Sun center in the azimuthal frame of reference. Right – the vertical structure of magnetic field for the active region NOAA 11289.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ МЕЛКОМАСШТАБНОЙ СТРУКТУРЫ СПОКОЙНОГО СОЛНЦА

MAGNETIC FIELD OF THE SMALL-SCALE STRUCTURE OF THE QUIET SUN

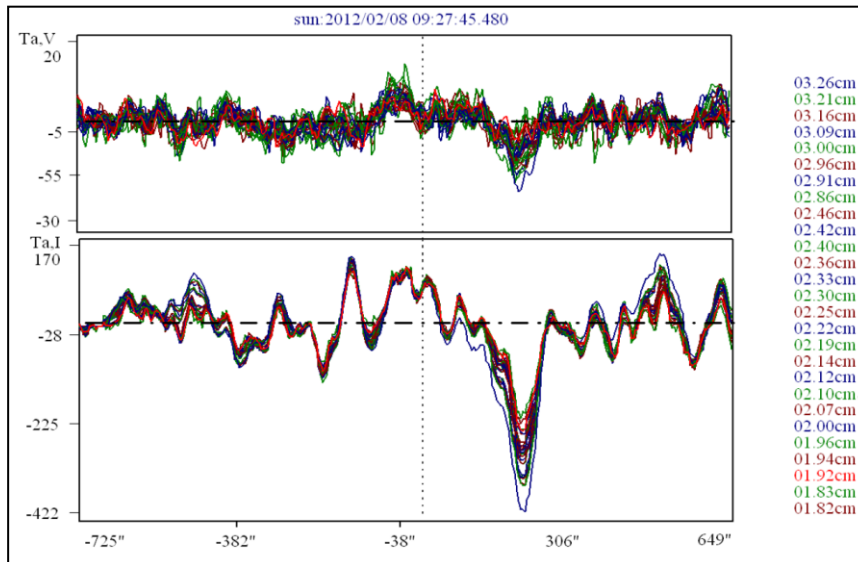


Рис. 57. Сканы параметра Стокса V (вверху) и I (внизу) для 8 февраля 2012 г. в диапазоне длин волн от 1.82 до 3.26 см. Шкала антенной температуры антенны для V увеличена в 10 раз. Поляризованное излучение регистрируется выше фонового шума. Оценка величины степени поляризации равна примерно 4-5%. Справа приведен перечень длин волн, использованных в измерениях.

Fig. 57. Scans of the Stokes parameters V (at the top) and I (at the foot) for February 8, 2012, in the wavelength range from 1.82 to 3.26 cm. The scale of antenna temperature for V is magnified 10 times. Polarized radiation is registered above the background noise. The degree of polarization is estimated as about 4-5%. The list of wavelengths used in measurements is given at the right.

Достигнута предельная чувствительность измерения поляризованного сигнала при многоволновых наблюдениях Солнца в микроволновом диапазоне. С этой целью на радиотелескопе РАТАН-600 были применены входные полосковые первичные облучатели, в которых совмещены фазовые центры по правой и левой круговым поляризациям в широком диапазоне радиоволн 3-18.2 ГГц (рис. 57). Благодаря высокой точности совмещения удалось свести уровень инструментального сигнала ниже уровня собственных шумов системы. При наблюдениях мелкомасштабной структуры спокойного Солнца были зарегистрированы поляризованные сигналы, по которым сделаны оценки величины магнитного поля отдельных гранул в пределах 50-230 Гс в рамках механизма тормозного излучения.

В.М. Богод, К.Е. Алиссандракис (Греция), Т.И. Кальтман, С.Х. Тохчукова.

The limit sensitivity of measuring polarized signal was achieved during multiwave observations of the Sun in the microwave range. For this purpose, the input strip primary feeds, in which the phase centers are superimposed by the left and right circular polarizations in a wide radio wave range 3-18.2 GHz, were applied at RATAN-600 (Fig. 57).

Due to high precision of superimposition, we succeeded in making the level of instrumental signal lower than the level of system's intrinsic noise.

When observing the small-scale structure of the quiet Sun we registered polarized signals by which the magnetic field of separate granules within the limit 50-230 Gs was estimated within the context of the mechanism of deceleration emission.

V.M. Bogod, K.E. Alissandrakis (Greece), T.I. Kaltman, S.Kh. Tokhchukova.

ПОЛЯРНАЯ КОРОНАЛЬНАЯ ДЫРА СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 29.03.2006

Данные о радиоизлучении Солнца над северной полярной областью в широком сантиметровом диапазоне длин волн (1.03, 1.38, 2.7, 6.2, 13, 30.7 см) получены впервые при наблюдениях солнечного затмения 29.03.2006 г. на РАТАН-600. Во время максимальной фазы затмения открытым оставался серп Солнца в северной полярной области (0.2% от общей поверхности Солнца). Затмение Солнца Луной устранило фоновое излучение диска Солнца, мешающее исследовать его слабое корональное излучение на расстояниях от 1.005 R_☉ до 2 R_☉.

POLAR CORONAL HOLE OF THE SOLAR ECLIPSE ON MARCH 29, 2006

The data on radio emission of the Sun over the polar region in a wide centimeter wavelength range (1.03, 1.38, 2.7, 6.2, 13, 30.7 cm) were first obtained in observations of the solar eclipse on March, 29, 2006, with RATAN-600. During the maximum phase of the eclipse the crescent sun remained open in the northern polar region (0.2% of the total surface of the Sun). The eclipse of the Sun by Moon removed the background emission of the Sun disk preventing from studying its weak coronal emission at distances from 1.005 R_☉ to 2 R_☉.

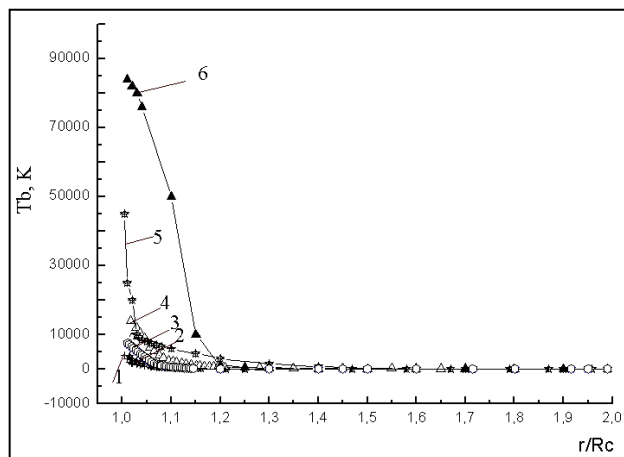


Рис. 58. Распределение яркостной температуры (Tb) с расстоянием от центра оптического диска Солнца (r/R_☉) в полярной корональной области Солнца на волнах: (1) -1.03 см; (2) -1.38 см, (3) -2.7 см, (4)-6 см, (5)-13 см, (6)-30.7 см.

Fig. 58. Distribution of the brightness temperature (Tb) with distance from center of the optical disk of the Sun (r/R_☉) in the polar coronal region of the Sun at the wavelengths 1.03 cm (1); 1.38 cm (2), 2.7 cm (3), 6 cm (4), 13 cm (5), 30.7 cm (6).

Новая методика обработки и моделирования этих наблюдений позволила получить следующие результаты:

- впервые получены распределения яркостных температур в полярной области Солнца на расстояниях от лимба до 2 R_☉;
- выявлено резкое падение яркостной температуры на интервале расстояний 1.005-1.03 R_☉ на волне 13 см (рис. 58), что, возможно, свидетельствует о нижней границе области формирования солнечного ветра в корональной дыре;
- на коротких волнах 1.03-2.7 см такого уменьшения

The new method of the processing and modelling of these observations allowed us obtaining the following results:

- distribution of brightness temperature in the polar region of the Sun was first obtained at a distance of up to 2 R_☉ from the limb;
- a sharp fall of brightness temperature in the distance interval 1.005-1.03 R_☉ at the wavelength 13 cm (Fig. 58) was discovered, which may be indicative of the lower boundary of a region where the solar wind forms in the coronal hole;
- the decrease of brightness temperature at the short

яркостной температуры не выявлено (рис. 58);

- отмечено хорошее совпадение яркостных температур полярной области вблизи лимба Солнца и средних температурных характеристик корональных дыр, наблюдавшихся ранее на РАТАН-600 вне полярной области, что указывает на их идентичную природу;
- на волнах 1.03 см и 1.38 см получено распределение электронной концентрации на расстоянии от лимба Солнца до $2R_{\odot}$, которое оказалось близким к получаемым в белом свете для полярной области Солнца в период минимальной солнечной активности.

О.А. Голубчина, А.Н. Коржавин. Астрофиз. бюлл. 68, 232 (2013).

ЭВОЛЮЦИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И МАГНИТОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ СОЛНЦА ПЕРЕД БОЛЬШИМИ ВСПЫШКАМИ

По ежедневным спектрально-поляризационным наблюдениям Солнца в диапазоне 1.65-6.0 см (РАТАН-600) и данным магнитографа HMI (SDO) исследованы пять активных областей, в которых произошли вспышки класса X. Во всех рассмотренных событиях за 1-2 дня до большой вспышки появлялся и быстро развивался компактный радиоисточник, отождествляемый с областью тесного сближения магнитных полей противоположной полярности (Δ -конфигурация), где происходила вспышка. В большинстве случаев излучение этого источника преобладало над излучением других компонент АО.

Эти источники были отнесены к классу NLS (neutral line associated sources). Некоторые особенности радиоизлучения этих источников - более крутой наклон спектров плотности потока в коротковолновой части диапазона и более высокая яркостная температура по сравнению с соседними «пятенными» источниками, низкая степень поляризации – позволяет отнести их к такому подмножеству NLS-источников как «пекулярные источники», которые впервые были обнаружены в затменных наблюдениях Солнца (РАТАН-600) и исследованы в 80-90-е годы. Они возможно свидетельствуют о формировании длительно существующих токовых слоев. Изучение статистики появления и роста интенсивности этих источников перед большими вспышками и исследование природы их излучения может дать основания для разработки физически обоснованных методов прогноза больших вспышек.

Магнитографические данные использовались как для выявления связи исследуемых радиоисточников с областями наиболее тесного сближения полей противоположной полярности, так и для расчета магнитографических параметров, характеризующих всю активную область. Показано, что в большинстве случаев сильные вспышки происходят при величине магнитного потока более 10^{22} Мх и после значительного возрастания градиента магнитного

waves 1.03-2.7 cm was not detected (Fig. 58);

- a good agreement was noted between brightness temperature of the polar region near the limb of the Sun limb and average temperature characteristics of coronal holes which were observed earlier with RATAN-600 out of the polar region, which indicates their identical nature;
- distribution of electron concentration at a distance of up to $2R_{\odot}$ to the limb of the Sun was obtained at the wavelengths 1.03 and 1.38 cm. It turned out to be close to that obtained in the white light for the polar region of the Sun in the period of minimum solar activity.

O.A. Golubchina, A.N. Korzhavin. Astrophys. Bull. 68, 232 (2013).

EVOLUTION OF MICROWAVE RADIATION AND MAGNETOGRAPHIC PARAMETERS OF ACTIVE SOLAR REGIONS BEFORE BIG FLARES

From daily spectral-polarizational observations of the Sun in the range 1.65-6.0 cm with RATAN-600 and data from the magnetograph HMI (SDO) we studied five active regions in which the class X flares occurred. In all considered events 1-2 days before the big flare a compact radio source appeared and evolved quickly, which was identified with a region of the close approaching of magnetic fields of opposite polarities (Δ -configuration), where a flare occurred. In most cases radiation of this source prevailed over radiation of other components of the active region.

These sources were attributed to the class NLS (neutral line associated sources). Some properties of radio emission of these sources – a steeper slope of flux density spectra in the shortwave part of the range and a higher brightness temperature in comparison with neighbor «spot» sources, a low degree of polarization – allow us attributing them to such a subset of NLS sources as «peculiar sources» which were first detected in eclipse observations of the Sun (RATAN-600) and studied in 80th-90th.

They may indicate formation of long-living current layers.

The study of statistics of appearance and growth of intensity of these sources before big flares and the study of nature of their emission can provide basis for physically justified methods for prediction of big flares.

Magnetographic data were used both to detect a relation between the radio sources under investigation and regions of the closest approaching of fields of opposite polarities and to calculate magnetographic parameters characterizing the whole active region. It was shown that in most cases the strong flares occur when the magnet flux is more than 10^{22} Mx and after a considerable increase of magnetic flux gradient.

потока. Однако выявлен случай, когда магнитографические данные не отразили подготовку вспышки, а факт подготовки вспышки можно было заметить только по развитию микроволнового NLS-источника.

На рисунке 59 показана эволюция радиоисточника, отождествленного с одной из изучаемых активных областей – NOAA 11166 (март, 2011).

However, a case was detected when magnetographic data did not reflect preparation of a flare, and the fact of flare preparation could be noticed only by evolution of a microwave NLS source.

Fig. 59 shows evolution of a radio source identified with one of the most studied active regions – NOAA 11166 (March, 2011).

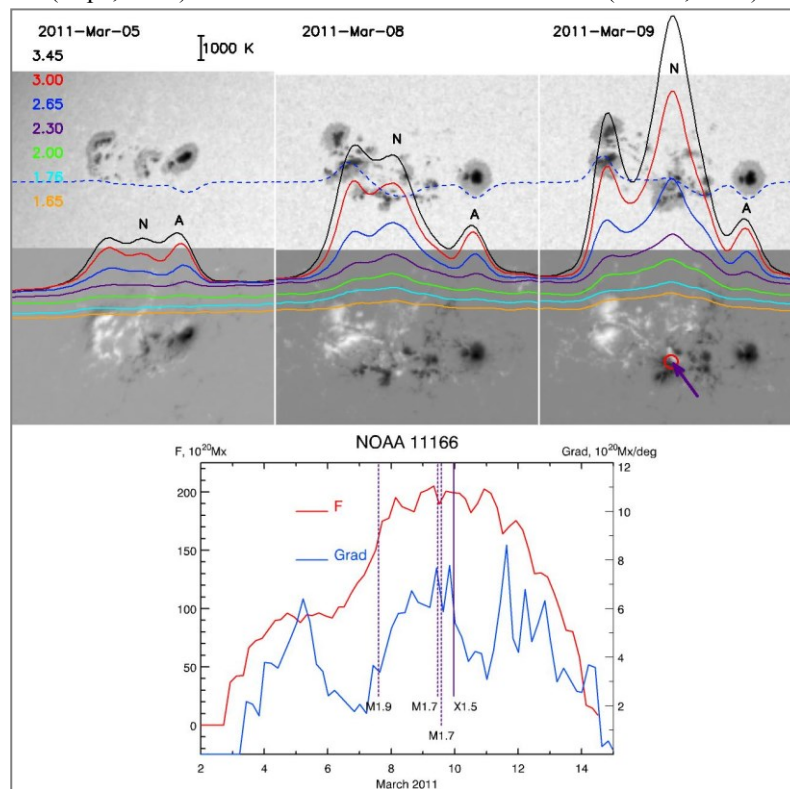


Рис. 59. Верхний ряд: фрагменты сканов (РАТАН-600), наложенные на изображения АО NOAA 11166 (изображения фотосферы вблизи линии железа 6173 Å и магнитограммы продольного магнитного поля (SDO/HMI)); сплошные линии – сканы в каналах интенсивности, прерывистые линии – сканы в канале поляризации на волне 2.65 см; длины волн (см) и вертикальный масштаб указаны на левой панели; кружком отмечено положение будущей вспышки, стрелкой - место максимального градиента магнитного поля в АО. Нижняя панель: зависимости от времени магнитного потока активной области, в которой произошла вспышка класса X, и его градиента; вертикальными линиями указаны моменты вспышек

Fig. 59. The upper row: fragments of RATAN-600 scans superimposed on images of AR NOAA 11166 (the images of photosphere near the iron line 6173 Å and magnetograms of longitudinal magnetic field (SDO/HMI)); the solid lines are scans in the polarization channel at the wave 2.65 cm; the wavelengths (cm) and vertical scale are shown in the left panel; the circle marks a location of the future flare, the arrow points to the location of maximal gradient of magnetic field in the active region. The lower panel: the time dependence of magnetic flux of the active region in which a class X flare occurred and its gradient; the vertical lines denote flare moments.

Видно, что плотность потока радиоизлучения NLS-источника «N» значительно возрастает перед вспышкой, в то время как плотность потока соседнего пятенного источника «A» остается практически постоянной. Кружком отмечено положение будущей вспышки, а стрелкой - место максимального градиента магнитного потока в АО. Показаны зависимости от времени магнитного потока активной области, в которой произошла вспышка класса X, и его градиента.

В.Е. Абрамов-Максимов (ГАО РАН), В.Н. Боровик (ГАО РАН), Л.В. Опейкина, А.Г. Тлатов (ГАО РАН).

It is seen that the radio emission flux density of the NLS source «N» increases considerably before the flare, whereas the flux density of the neighbor spot source «A» remains practically constant.

The circle marks location of the future flare, and the arrow marks the place of maximum gradient of magnetic flux in the active region. The time dependence of magnetic flux of the active region in which the class X flare occurred and its gradient are shown.

V.E. Abramov-Maksimov (MAO RAS), V.N. Borovik (MAO RAS), L.V. Opeikina, A.G. Tlatov (MAO RAS).

ОБ ИСТОЧНИКАХ ТИПА «ГАЛО» ПО НАБЛЮДЕНИЯМ С ВЫСОКИМ УГЛОВЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Радиоизлучение активных областей (АО) на Солнце обладает многокомпонентной структурой. Наиболее хорошо исследована пятенная компонента – тепловое магнитотормозное излучение электронов в сильном магнитном поле пятна. Другие составляющие, такие как гало, NLS-источники (источники, расположенные над нейтральной линией фотосферного магнитного поля), пекулярные источники и др. остаются еще недостаточно хорошо изученными.

К гало относят излучение всей межпятенной области, и его размеры близки к размерам АО. При недостаточном пространственном разрешении трудно отделить слабые неразрешенные источники от общего диффузного излучения гало, а также разделить протяженные компоненты гало разной природы.

Проведены исследования гало двух активных областей (NOAA 7123 и 11142), которые наблюдались одновременно на телескопах с пространственным разрешением порядка нескольких десятков угловых секунд (PATAN-600 и ССРТ) и с высоким разрешением порядка нескольких секунд дуги на VLA с применением методики затменных наблюдений, что позволило выделить тонкую структуру гало.

ON THE TYPE «HALO» SOURCES FROM OBSERVATIONS WITH HIGH ANGULAR RESOLUTION

The structure of radio emission of active regions (AR) on the Sun is multicomponent. The spot component – the thermal gyrosynchrotron radiation of electrons in the strong magnetic field of spot – is best studied. Other components, such as halo, NLS sources (the sources located over the neutral line of photosphere magnetic field), peculiar sources, etc., still remain worse understood.

Emission of the whole area between spots is attributed to halo, and its size is close to that of the active region. When spatial resolution is insufficient, it is difficult to select faint unresolved sources from the common diffuse radiation of halo and to separate extended halo components of different natures.

Halos of two active regions (NOAA 7123 and 11142) were studied. They were observed simultaneously with telescopes with spatial resolution of order of several tens of arc seconds (RATAN-600 and SSRT) and with high resolution of order of several arc seconds (VLA) with application of the eclipse observation method, which allowed us determining the fine structure of halo.

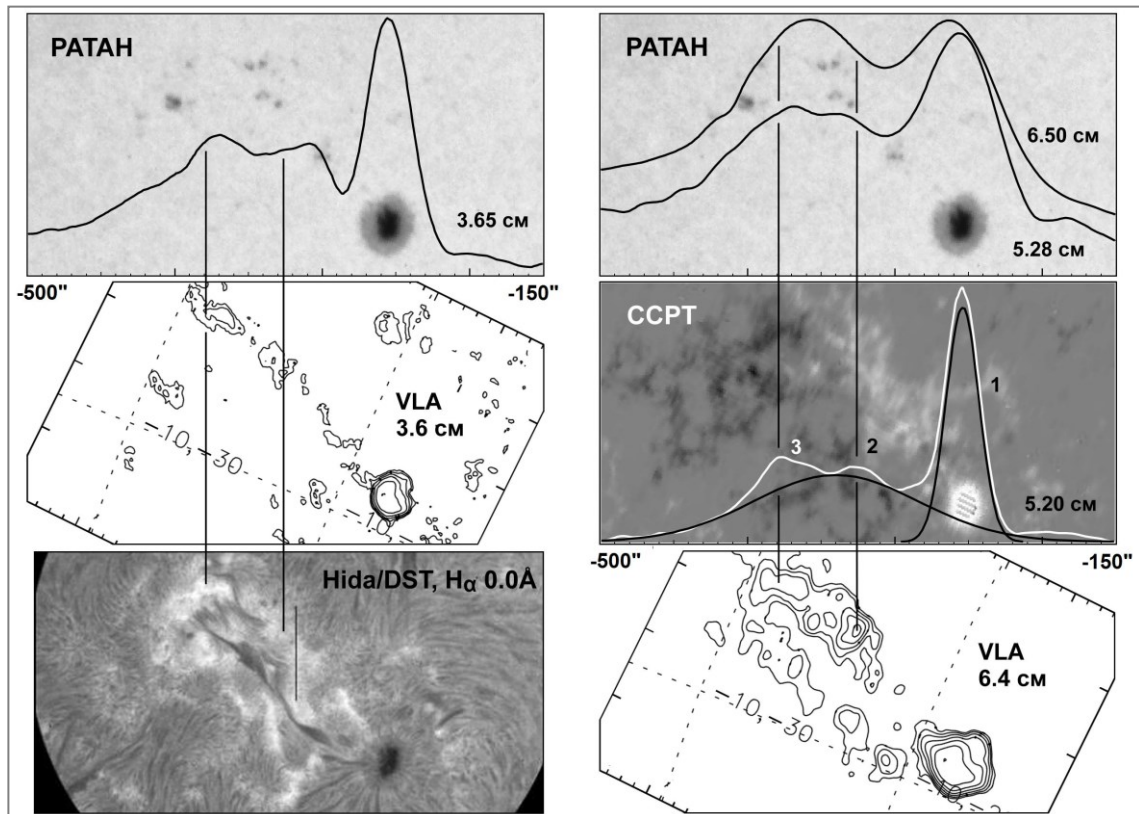


Рис. 60. Сопоставление наблюдений АО 7123 на VLA (карты) с наблюдениями на ССРТ и ПАТАН-600 (сканы). Карты и сканы наложены на фотогелиограмму и магнитограмму АО и сопоставлены с H α -снимком.

Fig. 60. Comparison of VLA observations of AR 7123 (maps) with SSRT and RATAN-600 observations (scans). The maps and scans are superimposed on photoheliogram and magnetogram of the active region and compared with the H α -image.

В обоих случаях на длинах волн 2-6 см гало составляло большую часть потока радиоизлучения от активной области. При этом > 50% излучения гало составило тормозное излучение оптически прозрачной тепловой плазмы, расположенной на большой высоте в вершинах корональных арок. Однако, как показали наблюдения с высоким разрешением, у NOAA 7123 к этому излучению добавляется излучение из оснований системы низких арок, расположенных над нейтральной линией магнитного поля АО и поддерживающих волокно (рис. 60), а у NOAA 11142 - из мест скопления мелких пятен и пор. В излучении оснований арок также встречаются уярчения, которые, вероятно, связаны с локальными усилениями магнитного поля. Яркость низко расположенного излучения выше, однако его вклад в общее излучение гало не превышает 20%. Сделан вывод, что более яркая компонента гало – это циклотронное излучение корональной плазмы в относительно слабом магнитном поле (600-800 Гс).

Н.Г. Петерова, Л.В. Опейкина, Н.А. Топчило (ИИАИ СПбГУ).

In both cases the halo was the most part of the radio emission flux from the active region at the wavelengths 2-6 cm. More than 50% of the halo emission was the deceleration emission of optically transparent thermal plasma located at high altitude at the top of coronal arcs. However, as was shown by high-resolution observations, in NOAA 7123 this emission is added by emission from foots of a system of low arcs located over the neutral line of magnetic field of the active region and supporting the filament (Fig. 60), and in NOAA 11142 – from the place where small spots and pores gather. In emission of arc foots we also meet brightenings which are probably related to local reinforcements of magnetic field. The brightness of low-lying emission is higher, but its contribution to the common emission of halo does not exceed 20%. It was concluded that the brighter component of the halo is the cyclotron emission of coronal plasma in a relatively faint magnetic field (600-800Gs).

N.G. Peterova, L.V. Opeikina, N.A. Topchilo (ARI SPbSU).