

## РАДИОАСТРОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАННЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

В 2001–2002 гг. работы продолжались по следующим направлениям:

- исследование радиогалактик на больших красных смещениях;
- уточнение “окна прозрачности”, где возможны предельно глубокие исследования ранней Вселенной от эпохи рекомбинации водорода до эпохи вторичной ионизации;
- методические работы по повышению потенциала RATAN–600 для реализации экспериментов следующего поколения.

**Проект “Большое Трио”** с участием RATAN–600 (поисковый инструмент в радиодиапазоне), VLA (лучшая система синтеза радиоизображений) и 6–м телескопа (оптические исследования родительских галактик). Особый интерес вызывают крупные эллиптические галактики с гигантскими черными дырами в центре – с помощью телескопов САО их можно регистрировать на любых красных смещениях. Главный итог – независимое подтверждение существования выделенной эпохи массового формирования мощных радиогалактик. Другой важный результат – обнаружение популяции радиогалактик, у родительских галактик которых возраст звездного населения близок к возрасту Вселенной.

Разработанные в САО алгоритмы позволили упростить фотометрические оценки красных смещений и возраста звездных систем. Проверка прямыми спектроскопическими исследованиями показала их согласие в пределах нескольких процентов. Накоплены самые обширные в мире данные по многоцветной фотометрии таких галактик. Для старейших объектов этого типа построена зависимость возраста (Age) от красного смещения  $Z$ , которая, как известно, является основой для экспериментального, независимого от моделей, определения зависимости темпов расширения Вселенной от космологического времени  $t$ . Как первый шаг мы оценили величину  $\Lambda$ -члена независимым от метода SNIa способом (рис. 57) и получили удовлетворительные результаты.

Следующий этап – оценка  $R(t)$  по объектам этого типа. Здесь работа только начата, но и первые результаты обнадеживают. Как известно,  $R(t)$  является производящей функцией в определении зависимости постоянной Хаббла от времени, темпов ускорения (замедления) расширения Вселенной, изменении уравнения состояния Вселенной (квинтэссенции). Основой метода является успех теории эволюции звезд, позволяющей хронометрировать события во Вселенной по цвету звездно-

## RADIO ASTRONOMY INVESTIGATIONS

### INVESTIGATION OF THE EARLY UNIVERSE

In 2001–2002 work was continued in the following directions:

- investigation of radio galaxies at large redshifts;
- refinement of the “transparency window” where ultimately deep investigations of the Early Universe, from the epoch of hydrogen recombination to the epoch of secondary ionization, are possible;
- methodological work on improving the potential of RATAN–600 for implementation of experiments of the next generation.

**The “Big Trio” project** with involvement of RATAN–600 (a snap–shot instrument in the radio range), VLA (the best system for synthesis of radio images) and the 6 m telescope (optical investigations of host galaxies). Large elliptical galaxies with giant black holes at the center are of particular interest. They can be recorded with the aid of the telescopes of SAO at any redshifts. The basic result is independent corroboration of the existence of the isolated epoch of mass formation of powerful radio galaxies. Another important result is discovery of a population of radio galaxies, in the host galaxies of which the age of the stellar population is close to the age of the Universe.

The algorithms developed at SAO simplified photometric estimations of redshifts and ages of stellar systems. A check by direct spectroscopic investigations showed them to be in agreement to an accuracy of a few percent. The world’s largest bodies of data on multicolor photometry of such galaxies have been accumulated. A relationship between age and redshift  $Z$  has been derived, which for oldest objects of this type, as it is known, is the foundation for the experimental, independent of models, determination of the relation between the rate of expansion of the Universe and the cosmological time  $t$ . As the first step, we estimated the value of the  $\Lambda$  term by a method independent of the method SNIa (Fig. 57) and obtained satisfactory results.

The next step is evaluation of  $R(t)$  by the objects of this type. The work has just been started, but even the first results are reassuring. As it is known,  $R(t)$  is a generating function in the determination of the dependence of the Hubble constant on time, acceleration (deceleration) rates of expansion of the Universe, variation of the state equation of the Universe. The basis of the method is the progress in the theory of stellar evolution, which makes it possible to time the events in the Universe by the color of the stellar

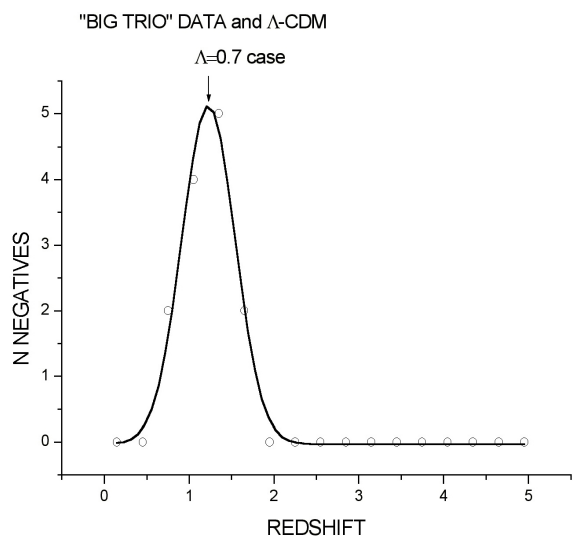


Рис.57. Обнаружение радиогалактик, возраст звездного населения которых превышает возраст Вселенной в стандартной модели плоского мира. Особенно много таких объектов с “отрицательным возрастом” вблизи  $Z = 1$ . Теория позволяет устранить этот парадокс введением  $\Lambda$ -члена. По положению максимума кривой можно оценить его величину (0.65–0.75).

Fig. 57. Detection of radio galaxies, whose stellar population age is larger than the age of the Universe in the standard model of the flat world. A particular great number of such objects with “negative age” is near  $Z = 1$ . The theory allows to eliminate this paradox introducing the  $\Lambda$  term. From the location of the curve maximum, one can estimate its value (0.65–0.75).

го населения в ней. По классификации А. Сендейджа – это успех астрономии №1 XX века. Обнаружение популяции достаточно ярких в оптике галактик, возраст которых с точностью до 5–10% совпадает с возрастом Вселенной, облегчает этот путь реставрации истории Вселенной по темпам ядерных реакций в звездах. Предварительная селекция таких объектов по радиосвойствам значительно упрощает их поиск.

Данные проекта “Большое Трио” основаны на RC-каталоге (эксперимент ХОЛОД на РАТАН-600), причем в основу легли первые два года наблюдений, 1980–1981. К концу 2002 г. проведено 16 новых циклов наблюдений той же области неба и в целом завершена обработка всей накопленной информации. Более чем 20-летний мониторинг одной и той же области неба позволит не только повысить точность каталога, но и выявить класс переменных радиообъектов неба для практически не изученной популяции объектов с плотностью потока менее 30 мЯн.

**Околозенитный обзор ЗЕНИТ** на РАТАН-600 вблизи местного зенита на склонении объекта 3С 84 (Персей А) явился крупным новым обзором неба в см диапазоне волн. Весь массив данных накоплен на модернизированном многочастотном комплексе РАТАН-600, чувствительность которого в коротком см-диапазоне на порядок больше, чем в первых экспериментах 80-х годов, а время интегрирования на элемент разрешения в десятки раз больше. Это позволило достичь субмиллионной чувствительности в см-диапазоне на достаточно больших для статистических исследований областях неба (около 100 кв. град.). Предварительные данные по статистике обнаруженных в новом обзоре неба объектов показаны на рис. 58.

Доминирующая популяция см неба – объекты, обнаруженные в дм диапазоне с близкой чувствительностью (NVSS каталог на 21 см). Это говорит с одной стороны о малой дисперсии спектраль-

population in it. By classification of A. Sandage this is the advance No.1 in astronomy of the XX century. The detection of rather bright galaxies population in the optical range, whose age coincides with the age of the Universe to an accuracy of 5–10 %, makes easier the way of restoration of the history of the Universe from the rates of nuclear reactions in stars. Preliminary selection of such objects by radio properties simplifiers considerably searching for them.

The data of the “Big Trio” project are based on the RC catalog (experiment COLD at RATAN-600), the first two years of observations (1980–1981) formed the foundation. By the end of 2002, 16 new cycles of observations of the same area of the sky were carried out, and the processing of all the data acquired was completed. The monitoring of one and the same region of the sky for over 20 years allows one not only to improve the accuracy of the catalog, but also to reveal the class of variable radio sources of the sky for a practically unstudied population of objects with a flux density less than 30 mJy.

**A near-zenith survey ZENITH** at RATAN-600 near the local zenith at the declination of the object 3С 84 (Perseus A) was a large new sky survey in the centimeter wavelength range. The whole collection of data was acquired with the updated multifrequency complex of RATAN-600, whose sensitivity in the short centimeter range is an order of magnitude higher than that of the first experiments of 1980s, and the integration time per resolution element is ten times as high. This made possible achieving a sub mJy sensitivity in the centimeter range in the sky regions rather large for statistical investigations (about 100 sq. deg.). Preliminary data on the statistics of objects detected in the new sky survey are shown in Fig. 58.

The predominating population of the centimeter sky is the objects detected in the decimeter range with a close sensitivity (NVSS catalog at 21 cm). On the one hand, this is an indication of low disper

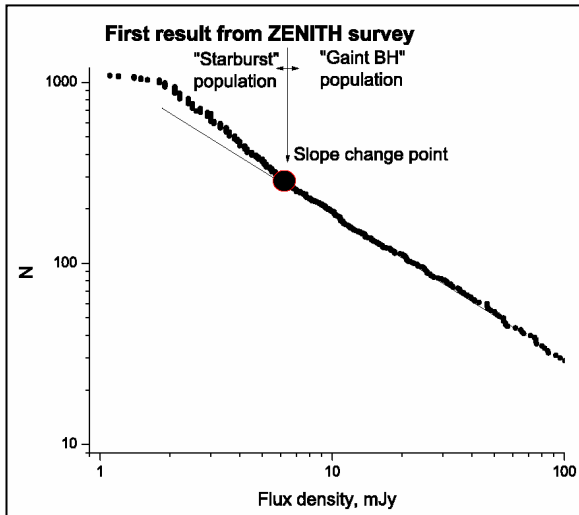


Рис. 58. Первые данные о статистике объектов см-неба по данным обзора ЗЕНИТ. В области 3–8 мЯн виден ожидаемый излом, который интерпретируется как переход от классических мощных радиогалактик с ядерной активностью к объектам меньшей радиосветимости, в которых доминируют процессы массового звездообразования и имеются активные ядра с маломассивными черными дырами в их центрах. Исчезновение мощных радиогалактик на мЯн уровне связано с физическим их отсутствием на больших красных смещениях.

Fig. 58. The first data on the object statistics of the centimeter sky from the data of the ZENITH survey. An expected bend is seen within 3–8 mJy, which is interpreted as transition from the classical powerful radio galaxies with the nucleus activity to the objects of less luminosity where the processes of mass star-formation and active nuclei with low-mass black holes in their centers dominate. Disappearance of the powerful radio galaxies on mJy level is associated with their physical absence on large redshifts.

ных индексов радиоисточников, обнаруженных в дм диапазоне волн, и, с другой стороны, о возможности глубокой чистки наблюдений в см диапазоне от объектов NVSS. Подобие дм и см неба видно из рис. 59.

Обнаруженная сильная корреляция между дм и см небом позволяет устранить коррелированную часть и на порядок повысить чувствительность к объектам с аномальными спектральными свойствами. Уже достигнутая чувствительность позволяет в см диапазоне регистрировать все NVSS объекты с плоскими спектрами и обнаруживать невидимые в дециметровом NVSS небе популяцию объектов с инверсионными спектрами.

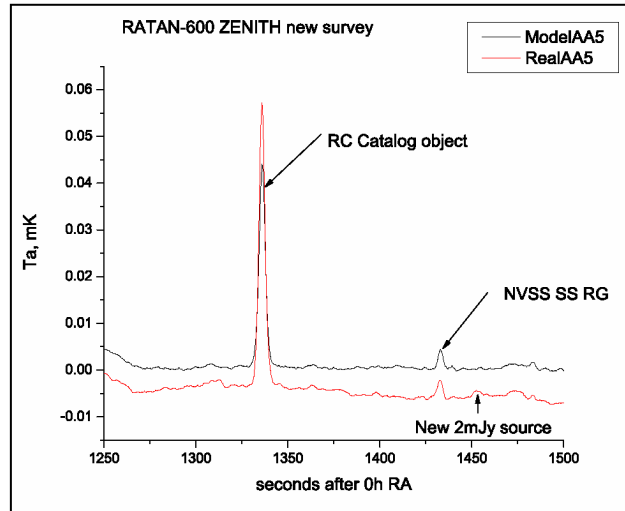


Рис. 59. Сравнение дм- (NVSS) и см- (обзор ЗЕНИТ) неба. Верхняя кривая – свертка NVSS каталога с двухмерной диаграммой направленности РАТАН-600 на волне 7.6 см. Ниже – реальные наблюдения этой же полосы неба с субмилликанской чувствительностью. Основное различие – роль фоновых излучений неба в реальном обзоре неба на РАТАН-600 (их нет в NVSS каталоге).

Fig. 59. A comparison of the decimeter (NVSS) and centimeter (ZENITH survey) sky. The upper curve – a convolution of NVSS catalog with the two-dimensional beam pattern of RATAN-600 at 7.6 cm wavelength. Below – real observations of this sky band with submillijansky sensitivity. The basic difference – the role of background radiation of the sky in the real sky survey with RATAN-600 (it is absent in NVSS catalog).

sion of the spectral indices of the radio sources detected in the decimeter wavelength range, and, on the other hand, of possible deep cleaning of observations in the centimeter range from the objects of the NVSS. The similarity of the dm and cm sky is seen from Fig. 59.

The detected strong correlation between the decimeter and centimeter sky makes it possible to remove the correlated part and on order to improve the sensitivity to the objects with anomalous spectral features. The sensitivity achieved allows recording of all NVSS objects with flat spectra in the centimeter range, and detection of populations of objects with inverse spectra invisible in the decimeter NVSS sky.

**Фоновые излучения и “окно прозрачности” Вселенной.** За 1998–2002 гг. накоплен большой массив многочастотных данных (1–50 см), который позволил сделать следующие выводы, существенные для глубоких исследований ранней Вселенной:

- 1) На плоскости частота – угловой масштаб существует область высокой прозрачности всех видов фоновых излучений Галактики и Метагалактики, где возможны измерения очень ранней Вселенной ( $Z \gg 10$ ) с точностью в доли микроградусов Кельвина. Частотный диапазон оказывается близким к максимуму излучения Вселенной (3К фон). Рис. 60 демонстрирует аналогию “локального” и “космологического” антропного принципа. Астрономия нового века уже активно включилась в эксплуатацию этого окна.
- 2) Важным результатом явилось обнаружение на РАТАН–600 роли “фарадеевского шума” на высоких широтах Галактики. Этот шум доминирует в дм диапазоне волн и исчезает в коротком см диапазоне. Шум на малых угловых масштабах в параметре I (интенсивность) много меньше, чем фарадеевская компонента, связанная с НИИ вкрап-

**The backgrounds radiation and the “transparency window” of the Universe.** During the years 1998–2002 a great collection of multi-frequency data (1–50 cm) was accumulated, which made it possible to draw the following conclusions significant for deep investigations of the early Universe:

- 1). In the frequency – angular scale plane there exists a high transparency region of all kinds of background radiations of the Galaxy and Metagalaxy, where measurements of the most early Universe ( $Z \gg 10$ ) are possible to an accuracy of fractions of Kelvin micro degrees. The frequency range is close to the maximum of the Universe radiation (3 K background). Fig. 60 demonstrates an analogy of the “local” and “cosmological” anthropic principle. Astronomy of the new century has already joined in making use of this window.
- 2). An important result was the detection of the “Faraday noise” at high latitudes of the Galaxy with the RATAN–600 radio telescope. This noise predominates in the decimeter wavelength range and disappears in the short centimeter range. The noise in parameter I (intensity) on small angular scales is much less than the Faraday component associated

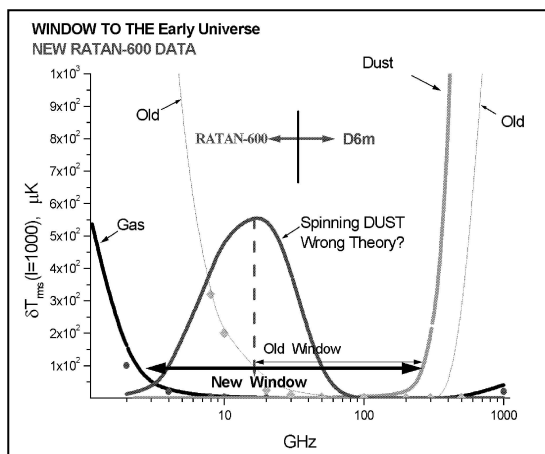


Рис. 60. По наблюдениям на РАТАН-600 “окно прозрачности” Галактики оказалось значительно шире, чем предполагалось ранее при простой экстраполяции дм данных в см и мм диапазоны и от крупных масштабов к мелким, которые необходимы в исследованиях “Сахаровских осцилляций”

Fig. 60. From observations with RATAN-600 the “Transparency window” of the Galaxy turned out to be much wider than it was expected earlier in simple extrapolation of the decimeter data into centimeter and millimeter range and from large scales to smaller ones which are necessary in investigations of “Sakharov oscillations”.

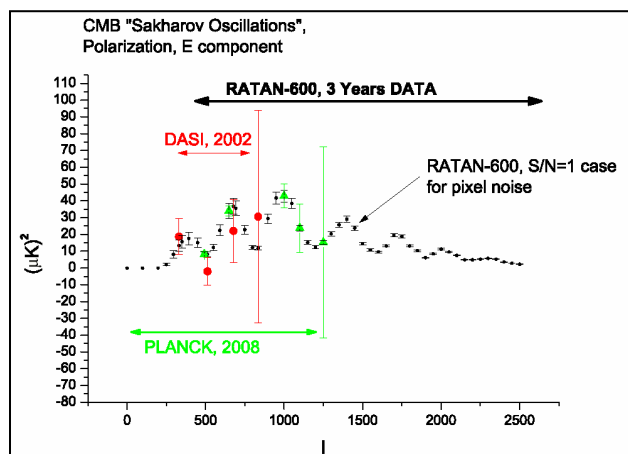


Рис. 61. Накопление данных за 3 года с действующим макетом матрицы позволит зарегистрировать поляризацию реликта. Начатое расширение матрицы до 16 элементов позволит полностью исследовать скалярную моду поляризации, связанную с актом последнего рассеяния на  $Z=1000$ . Поиск вихревой компоненты требует создания крупной матрицы размером не менее 128 элементов с высокой чувствительностью каждого элемента.

Fig. 61. Acquisition of data for three years with the matrix system under use will allow MB polarization to be registered. Widening of matrix up to 16 elements will permit complete investigation of the scalar mode of polarization associated with the act of the last scattering at  $Z=1000$ . The search for vortex component demands creation of a large matrix of not less than 128 elements in size with a high sensitivity of each element.

лениями в магнитные структуры Галактики. В результате спектральная плотность поляризованного синхротронного шума Галактики падает с частотой значительно быстрее, чем куб длины.

3) Другим важным итогом явилось установление нового нижнего предела на роль мелкой пыли (и макромолекул) в измерениях реликтового фона. Пессимистические оценки этой роли группой ПЛАНКА оказались завышенными более чем на порядок.

### Проект ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД ВСЕЛЕННОЙ

В соответствии с утвержденными этапами проекта завершены первые два: уточнение роли мешающих фоновых излучений и выбор области неба и метода наблюдений. Принят вариант околозенитного обзора неба и ускорены работы по созданию поляризационного комплекса на оптимальной волне эксперимента 1 см. Принят за основу “матричный” подход. Число элементов матричного радиометра определяется объемом финансирования, но уже 16 элементов позволят получить астрофизический значимый результат при накоплении данных в течение 3 лет (рис. 61). Пробные наблюдения на макете матрицы (версия 1, версия 2) уже идут в режиме поляризационного сканирования с шестью волноводами. Предполагается, что к началу запуска PLANCK Surveyor Mission (2007 г.) поляризационный эксперимент на РАТАН–600 будет завершен. Особенность – полная свобода в угловом разрешении по сравнению с другими проектами и возможность накопления данных в сотни раз дольше, чем в баллонных экспериментах. По сравнению с наземными интерферометрами – большая чувствительность по поверхностной яркости и меньшая чувствительность к атмосферному шуму.

Добавление 6-волноводной матрицы к основному многочастотному комплексу РАТАН–600 показал рентабельность использования его при исследовании любых объектов с инверсионными и чернотельными спектрами. Для последней популяции (планеты и спутники, звезды, ядра Галактики, SZ-эффект) уже этот макетный вариант оказался самым чувствительным из всего многочастотного комплекса РАТАН–600

*Ю.Н. Парийский, М.Г. Мингалиев, Н.С. Соболева, А.В. Темирова, Н.Н. Бурсов, А.И. Копылов, О.П. Желенкова, В.Л. Афанасьев, С.Н. Додонов, А.В. Моисеев, А.Б. Берлин, Н.А. Нижельский, П.Г. Цыбулев, А.В. Богданцов, А.В. Макеев, В.Б. Хайкин, Е.К. Майорова, А. Спринский, И.Д. Госачинский, В.Д. Дубрович, С.Р. Желенков, Г.Н. Ильин.*

with HII patches in magnetic structures of the Galaxy. As a result, the spectral density of the polarized synchrotron noise of the Galaxy drops with frequency much faster than the cube of length.

3). Another important result was the determination of a new lower limit of the part played by the fine dust (and macromolecules) in measurements of the microwave background. This role turned out to be overestimated by the PLANCK group by more than an order of magnitude.

### The project GENETIC CODE OF THE UNIVERSE

In accordance with the approved stages of the project, the first two steps were completed: refinement of the role of impeding background radiations, selection of the sky region and the method of observations. A version of the near-zenith sky survey was adopted and the work on the creation of a polarization complex at the optimum wavelength, 1 cm, was promoted. The “matrix” approach was taken as the basis. The number of pixels of the matrix radiometer depends on the amount of finance, but even 16 pixels will allow a significant astrophysical result to be obtained during 3 years of data acquisition (Fig. 61). Test observations with a matrix system (version 1, version 2) have already been conducted in the mode of polarization scanning with 6 channels. It is presumed that by the start-up of the PLANCK Surveyor Mission (2007), the polarization experiment at the RATAN–600 radio telescope will be finished. The distinguishing feature is complete freedom in angular resolution as compared to other projects and possibility of data acquisition hundreds of times longer than in balloon experiments. In comparison with ground-based interferometers it has a more high surface brightness sensitivity and a lower atmospheric noise sensitivity.

Addition of a six channel matrix to the main multi-frequency complex of RATAN–600 has shown it to be efficient in the investigation of any objects with inverse and black-body spectra. For the last population (planets and satellites, stars, Galaxy nuclei, SZ effect), even this system version turned out to be the most sensitive of the whole multi-frequency complex of RATAN–600.

*Yu.N. Parijskij, M.G. Mingaliev, N.S. Soboleva, A.V. Temirova, N.N. Bursov, A.I. Kopylov, O.P. Zhelenkova, V.L. Afanastiev, S.N. Dodonov, A.V. Moiseev, A.B. Berlin, N.A. Nizhelskij, P.G. Tsybulev, A.V. Bogdantsov, A.V. Makeev, V.B. Khaikin, E.K. Maiorova, A. Sprinskij, I.D. Gosachinskij, V.D. Dubrovich, S.P. Zhelenkov, GN.. Il'in*

## НЕЙТРАЛЬНЫЙ ВОДОРОД ВОКРУГ ЗВЕЗДЫ WR 102

Вокруг туманности G2.4+1.4 диаметром 15', возбуждаемой редкой “кислородной” звездой типа Вольфа–Райе (всего три таких звезды обнаружены в Галактике) WR 102, обнаружена расширяющаяся оболочка HI по ее излучению в линии 21 см. У таких звезд наблюдается короткая стадия жизни с очень большой скоростью истечения звездного ветра  $\sim 6000$  км/сек, после которой, собственно, и происходит взрыв сверхновой звезды. Предполагается, что кислородная стадия WR характерна для очень массивных звезд. WR 102 имеет массу  $60 M_{\odot}$ . В 2001 г. на РАТАН–600 были проведены два цикла наблюдений на трех склонениях в окрестности туманности G2.4+1.4. К несчастью, этот объект расположен недалеко от центра Галактики, где наблюдается очень яркий фоновый газ. Чтобы исключить его излучение и не потерять слабых деталей, мы применили специальный цифровой фильтр верхних частот. Как и другие, этот метод оставляет неопределенным положение нулевой линии, которое зависит от принятой модели межзвездной среды. Мы будем считать, что линии поглощения (и самопоглощения) в этой области на малых масштабах не наблюдаются. Поэтому нулевую линию следует проводить по наиболее низким частям кривых. Одно из полученных сечений после исключения низкочастотных компонент приведено на рис. 62. Весь исследованный диапазон лучевых скоростей  $\pm 120$  км/с на рисунке не приведен. Пунктирной заливкой между двумя вертикальными линиями отмечено расположение туманности “по нулям” непрерывного спектра. Более густой заливкой отмечены детали HI, возможно связанные с туманностью и образующие в плоскости  $\alpha - V$  кольцевую структуру газа, непосредственно примыкающую к туманности. Такая морфология свидетельствует наличии оболочки HI, расширяющейся с весьма большой скоростью  $\sim 50$  км/сек. Наружный диаметр оболочки при расстоянии до объекта 3 кпк составляет 56 пк, масса  $HI - 4.2 \cdot 10^3 M_{\odot}$ . Оценка мощности звездного ветра, необходимого для образования наблюдаемой оболочки, дает величину  $0.8 \cdot 10^{38}$  эрг/с, что при нормальной его скорости  $\sim 2000$  км/с приводит к сравнительно небольшой скорости потери массы  $2.8 \cdot 10^{-5} M_{\odot}$  в год. Возраст оболочки в этом случае  $\sim 3.4 \cdot 10^5$  лет. Это свидетельствует о том, что в основном на окружающий газ действует “обычный” ветер во время жизни звезды на ГП, а стадия “быстрого” ветра, по-видимому, не продолжительна и поэтому не успела сыграть сколь-нибудь значительную роль в динамике окружающего межзвездного газа.

Сравнение детальной структуры и кинематики оболочки HI с такого же рода данными по ионизованному газу и по распределению пыли

## NEUTRAL HYDROGEN AROUND THE STAR WR 102

An expanding envelope of HI was detected from emission in the line 21 cm around the nebula G2.4+1.4 15' in diameter excited by a rare “oxygen” star WR 102. The star WR 102 is one of only three oxygen WR stars in the Galaxy. These stars are characterized by a short life stage with a very big velocity of stellar wind outflow up to  $\sim 6000$  km/s, after which the supernova explosion occurs. The oxygen stage of WR is presumably typical for very massive stars. The mass of WR 102 is  $60 M_{\odot}$ . In 2001 two sets of observations at three declinations in the vicinity of the nebula G2.4+1.4 were performed with the radio telescope RATAN–600. Unfortunately, this object is situated not far from the center of the Galaxy. To exclude the influence of bright background and not to lose faint details, we applied a special digital filter of the upper frequencies. Like many other methods, this one keeps the position of zero line, which depends on the accepted model of interstellar medium, undetermined. Hereafter we assume that the absorption (and self-absorption) lines are not observed in this region on small scales. That is why, the zero line should be drawn through the lowest parts of the curves. One of the sections we derived after the exclusion of the low-frequency components is represented in Fig. 62. The figure does not show the whole range of radial velocities  $\pm 120$  km/s under investigation. The dotted filling between the two vertical lines denotes the position of the nebula G2.4+1.4 “by the zeros” of continuum. The denser filling denotes the details of HI, which are possibly related to the nebula and which form in the plane  $\alpha - V$  a rather nonuniform ring structure of gas adjoining the nebula. Such morphology attests the presence of an expanding envelope of HI with quite a big velocity of  $\sim 50$  km/s. The outer diameter of the envelope is 56 pc, the distance to the object being 3 kpc, the mass of  $HI - 4.2 \cdot 10^3 M_{\odot}$ . The estimation of the stellar wind power necessary to form the observed envelope gives the value of  $0.8 \cdot 10^{38}$  erg/s, that with a normal wind velocity of  $\sim 2000$  km/s, leads to rate of mass loss  $2.8 \cdot 10^{-5} M_{\odot}$  in a year. The age of the envelope turns out to be of the order of  $\sim 3.4 \cdot 10^5$  years. Thus, during the Main Sequence stage of the star life, the surrounding gas is affected by “usual” stellar wind, and the stage of “fast wind” seems to be short and hence has no time to play any considerable role in the dynamics of surrounding interstellar gas.

Comparison of a detailed structure and kinematics of the HI envelope with the same data on the ionized gas and dust distribution shows that the gas round

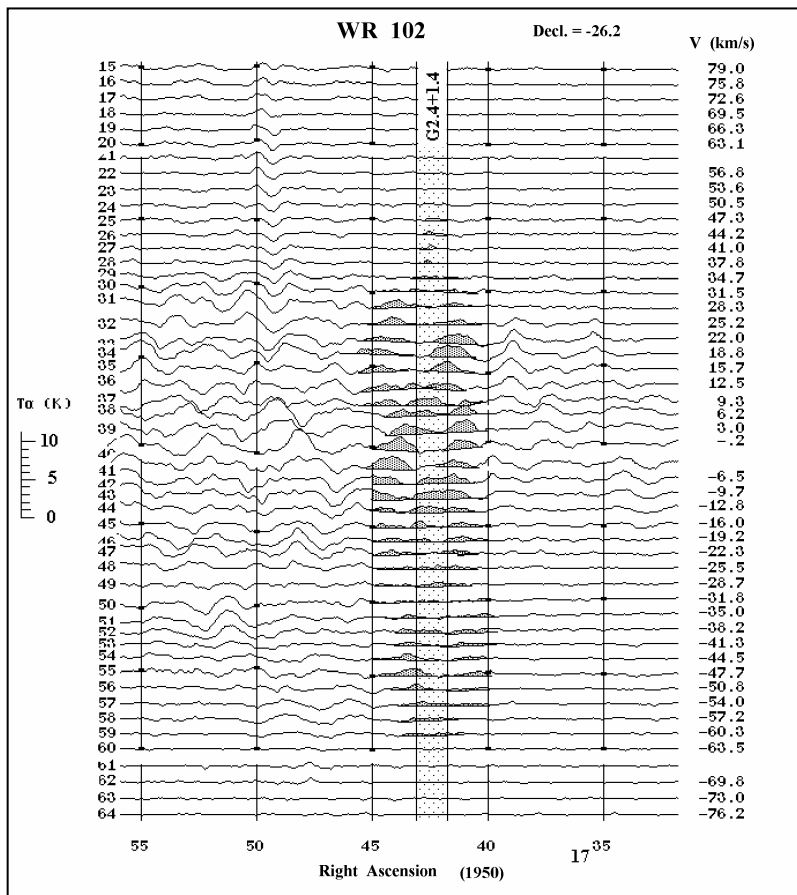


Рис.62. Кривые прохождения деталей HI в области туманности G2.4+1.4 после исключения фонового излучения. Нулевые линии не приведены. По вертикали справа – лучевые скорости относительно Местного стандарта покоя, слева – номера каналов спектрометра. Темной заливкой обозначены детали HI, возможно, связанные с наблюдаемой туманностью.

Fig. 62. The drift scans of HI details in the region of the nebula G2.4+1.4 after the exclusion of the background radiation. The zero lines are not shown. The vertical column on the right presents the radial velocities with respect to the local standard of rest, the left-hand column gives the numbers of the spectrometer channels. The HI details, which are likely to be related with the observed nebula, are shown by the shaded areas.

показывает, что, в общем, газ вокруг этого объекта может иметь более сложную структуру из нескольких расширяющихся оболочек.

И.В. Госачинский совместно с Т.А. Лозинской (ГАИШ МГУ)

this object can have more complicate structure of several expanding envelopes.

I.V. Gosachinskij in collaboration with T.A. Lozinskaya (SAI MSU)

## СТРУКТУРА ГАЛАКТИЧЕСКОГО ГАЗА НА ВЫСОКИХ ШИРОТАХ. II. СЕВЕРНАЯ И ЮЖНАЯ ПОЛЯРНЫЕ "ШАПКИ"

Угловая структура излучения межзвездного нейтрального водорода на волне 21 см исследована в 2000–2002 гг. на шести склонениях в северной и семи склонениях в южной полярной шапке Галактики (галактические широты от +45° до +90° и

## GALACTIC GAS STRUCTURE AT HIGH LATITUDES. II. NORTHERN AND SOUTHERN POLAR "CAPS"

In 2000–2002 the angular structure of radiation of the interstellar neutral hydrogen was studied at 21 cm with the radio telescope RATAN–600 at six declinations in the Northern and at seven declinations in the Southern Polar Caps of the Galaxy (galactic latitudes

от  $-35^\circ$  до  $-90^\circ$ ) на сечениях по прямому восхождению протяженностью  $90^\circ$  с помощью РАТАН–600, имеющего ширину диаграммы направленности в среднем по этим областям  $2.0' \times 20'$ . Разрешение по частоте составляло 30 кГц (6.3 км/с), средний квадрат шумовых флуктуаций – 0.1 К, поскольку на каждом сечении было получено от 16 до 24 записей.

Крупномасштабная структура газа, встречающаяся и на высоких широтах, исключалась с помощью фильтра верхних частот. Спектр угловых частот излучения межзвездного нейтрального водорода вычислялся в каждом спектральном канале каждого сечения с помощью стандартной программы БПФ и сглаживался на протяжении  $1^h$  по прямому восхождению. Мы считаем, что на таких отрезках статистические параметры распределения межзвездного газа на высоких широтах можно считать стационарными. Оказалось, что зависимость от галактической широты средних характеристик распределения излучения в линии HI по небу на высоких широтах (содержание HI на луче зрения, рис. 63а) как в северной, так и в южной полярной области Галактики в общем соответствует распределению газа в виде плоского слоя. В области  $11^h < \alpha < 13^h$ ,  $27^\circ < \delta < 39^\circ$  содержание газа на луче зрения оказалось меньше  $1.5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$ , т.е. ниже уровня чувствительности обзора. Таким образом, в этой области галактический газ очень прозрачен. Спектры мощности угловых флуктуаций в диапазоне примерно от  $10'$  до  $6^\circ$  выглядят степенными. Однако, показатели спектра сильно меняются по небу: от  $-3$  до  $-0.7$  и в среднем при увеличении галактической широты (рис. 63b) и уменьшении содержания атомов HI на луче зрения (рис. 63c) спектр флуктуаций излучения межзвездного газа становится более плоским. В северной полярной области это явление выражено гораздо более четко, что, вероятно, связано с содержанием газа на луче зрения на высоких широтах, которое на юге в целом в 2–3 раза больше, чем на севере. На юге в среднем и спектры более крутые, но зависимость от галактической широты более слабая. С помощью модельных расчетов показано, что наблюдаемый степенной пространственный спектр распределения излучения в линии HI можно получить в рамках не только турбулентной, но и облачной модели межзвездного газа, если использовать полученные в наших предыдущих работах спектры диаметров и масс облаков HI. Следует заметить, что зависимость крутизны пространственного спектра флуктуаций излучения HI от его общего содержания на луче зрения можно объяснить двумя способами: либо это чисто селекционный эффект, связанный с замыыванием излучения мелких облаков при увеличении их количества, либо на самом деле в среднем более плотном газе облака малых размеров не выживают из-за

from  $+45^\circ$  till  $+90^\circ$  and from  $-35^\circ$  till  $-90^\circ$ ) at the right ascension sections of  $90^\circ$  in length. The investigations were carried out at RATAN–600 having the beam width of  $2.0' \times 20'$  in these regions. The frequency resolution was 30 kHz (6.3 km/s). The r. m. s. noise fluctuation was 0.1 K, from 16 to 24 records were made for each section.

The large-scale structure of gas was excluded by means of the filter of the upper frequencies. The spectrum of angular frequencies of the interstellar neutral hydrogen emission was calculated in each spectral channel of each section with a standard FFT code and was smoothed in  $1^h$  along R.A. We assume the statistical parameters of interstellar gas distribution to be stationary along such sections. The relationship between the mean characteristics of the distribution of radiation in the HI line over the sky at high latitudes (content of HI on the line of sight, Fig. 63a) both in the northern and southern polar regions of the Galaxy and the galactic latitude turned out to be generally consistent with the distribution of gas as a flat layer. In the region  $11^h < \alpha < 13^h$ ,  $27^\circ < \delta < 39^\circ$  the content of gas on the line of sight proved to be less than  $1.5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-2}$ , i.e. below the threshold level of the survey. Thus, the galactic gas in this region is very transparent. The power spectra of angular fluctuations in the region approximately  $10'$  to  $6^\circ$  look as exponential ones. However, the spectral indices vary drastically over the sky: from  $-3$  to  $-0.7$  and, on the average, with increasing galactic latitude (Fig. 63b) and decreasing content of HI atoms on the line of sight (Fig. 63c), the spectrum of fluctuations of interstellar gas radiation becomes flatter. This phenomenon is much more clearly defined in the north polar region, which is likely to be related to the content of gas on the line of sight at high latitudes being, on the whole, by a factor of 2–3 higher in the south than in the north. On the average, the spectra are steeper in the south, but the dependence on the galactic latitude is weaker. By means of modeling, it was shown that the observed power spatial spectrum of the HI line emission distribution can be obtained not only in the turbulent model of interstellar gas, but in the cloud one also, if we use the distribution of HI cloud diameters and masses obtained in our previous papers.

It should be noted that the dependence of steepness of the spatial spectrum of HI emission fluctuations on its total content on the line of sight could be explained in two ways: either this is a pure effect of selection related to the smoothing of emission from small clouds at the increase of their quantity, or small clouds do not survive in denser gas because of collision or evaporation in the hot phase of interstellar medium. We hope to find a way to choose between



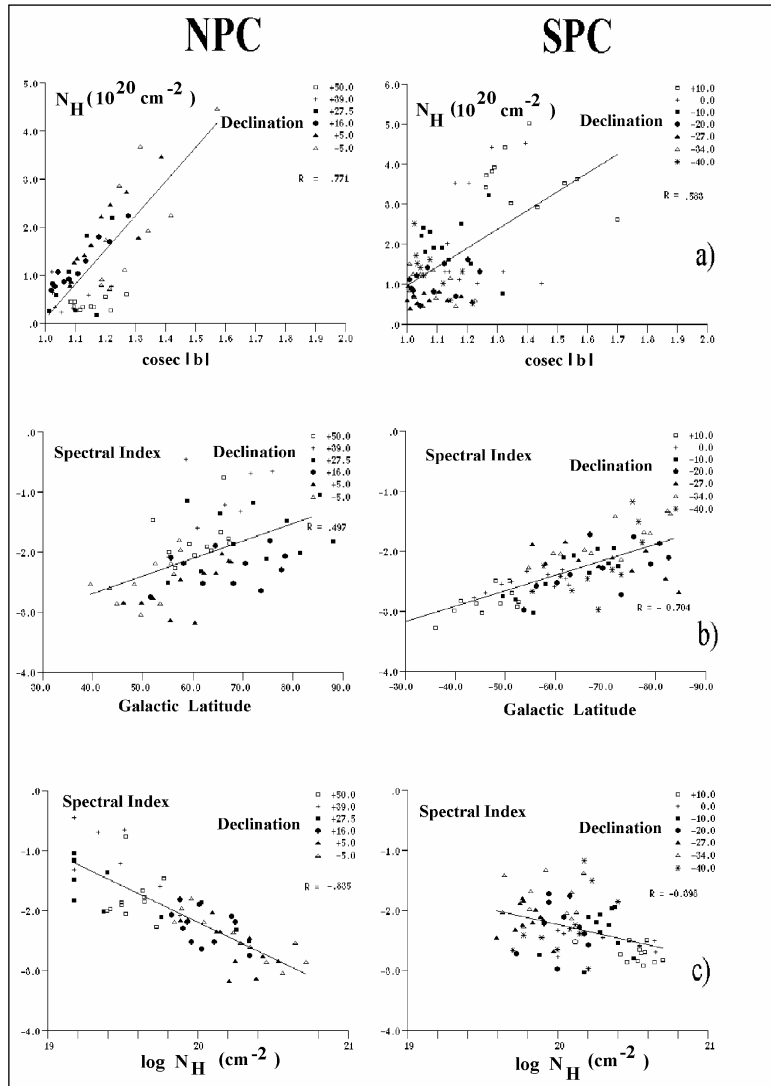


Рис. 63. Параметры распределения HI в северной (слева) и южной (справа) полярной шапке Галактики.  
 а) Зависимость содержания газа на луче зрения от галактической широты б.  $R$  – коэффициенты корреляции между изображенными на графике величинами.  
 б) Зависимость показателя спектра мощности пространственных частот излучения HI на волне 21 см от галактической широты.  
 с) Зависимость показателя спектра мощности пространственных частот от среднего содержания HI на луче зрения.

Fig.63. Distribution parameters of HI line emission in the Northern (left) and Southern (right) Polar Caps of the Galaxy.

a) The relationship between the gas content on the line of sight and the galactic latitude b.  $R$  – correlation coefficients between the values shown in the graph.  
 b) The index of power spectrum of spatial frequencies as a function of galactic latitude.  
 c) The index of power spectrum of spatial frequencies as a function of the average HI content on the line of sight.

столкновений или испарения в горячей фазе межзвездной среды. С помощью модельных вычислений мы надеемся найти способ выбора между этими двумя возможностями.

И.В. Госачинский, Г.Н. Ильин, В.А. Прозоров

these two possibilities by model calculations.

I. V. Gosachinskij, G. N. Il'in, V. A. Prozorov

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСТАТКОВ СВЕРХНОВЫХ С ОКРУЖАЮЩЕЙ МЕЖЗВЕЗДНОЙ СРЕДОЙ

По наблюдениям линии нейтрального водорода на волне 21 см в 2000–2002 гг. создан банк данных по распределению и кинематике межзвездного газа вокруг 82-х остатков сверхновых (SNR) оболочечного типа (S) с угловым размером  $>10'$ . Эти данные позволят оценить начальную плотность газа перед взрывом, возраст и энергию взрыва сверхновых, а также массу родительской звезды и вклад ее кинетической энергии в межзвездную среду.

Данные для каждого объекта представляют собой двумерный массив: прямое восхождение (R.A.) – лучевая скорость (V). Ср. квадратичная ошибка измерения антенной температуры – 0.2 К. Область обзора каждого объекта по R.A. составляет  $10\text{--}15^\circ$ , по V —  $\pm 130\text{ км/с}$ . Предполагается, что SNR – расширяющийся объект и в результате этого создает вокруг себя расширяющуюся оболочку межзвездного газа. Тогда в координатах R.A. – V должна наблюдаться кольцевая структура, параметры которой связаны с энергетикой сверхновой звезды. В настоящий момент стоит задача поиска и выделения таких структур по данным наблюдений линии HI, что приходится делать на фоне весьма неоднородного распределения остального газа. Разработаны специальные программы выделения фона и измерения параметров расширяющихся оболочек.

Следует отметить, что примерно из 250 известных SNR окружающий газ исследован лишь в нескольких десятках, а расширяющихся оболочек найдено примерно 23 – 25 штук (15 из них найдены на РАТАН–600 в наших прежних работах). Мы уверены, что наш новый обзор в смысле полноты уникален и позволит продвинуться гораздо дальше в исследовании проблемы поступления кинетической энергии SNR в межзвездную среду. После приведения данных в общедоступную форму банк данных обзора будет доступен в Интернете. На рис. 64 приведен пример полученных данных для SNR G347.3–0.5.

*И.В. Госачинский, Г.Н.Ильин, В.А. Прозоров*

## МНОГОЧАСТОТНЫЙ МОНИТОРИНГ МИКРОКВАЗАРОВ

Продолжена программа исследований спектральной и временной переменности выборки микрокварзов. В ходе проведения нескольких циклов наблюдений длительностью ~100 дней на РАТАН–600 микрокварзов Cyg X–3, SS433 и GRS 1915+105 были обнаружены новые интересные явления.

## INVESTIGATION OF INTERACTION OF SUPERNOVA REMNANTS WITH THE SURROUNDING MEDIUM

Using the observations of the neutral hydrogen line at 21 cm obtained in 2000–2002, a data bank is created on the distribution and kinematics of the interstellar gas around 82 shell-type (S) supernova remnants (SNRs) with an angular size of  $>10'$ . These data will enable estimation of the original gas density prior to the explosion, the age and energy of the supernova explosion, and the mass of the parent star and contribution of its kinetic energy to the interstellar medium.

The data for each object are a two-dimensional array: Right ascension (R.A.) – radial velocity (V). The r.m.s. measurement error of the antenna temperature is 0.2 K. The region of the survey of each object in R.A. is  $10\text{--}15^\circ$ , in V —  $\pm 130\text{ km/s}$ . The SNR is supposed to be an expanding object and, as a result, it creates around an expanding envelope of the interstellar gas. In this case, in the coordinates R.A. – V there must be observed a ring structure whose parameters are related to the energy of a supernova. Now, there is a task of searching for and separating such structures using the data of observations of the HI line, which has to be done against the background of rather inhomogeneous distribution of the remaining gas. Special programs were developed for isolation of the background and measurement of parameters of expanding envelopes.

It should be noted that the surrounding gas has been investigated in a few dozen SNRs of 250 known, and about 23–25 expanding envelopes have been found (15 of them were detected at RATAN–600 and reported in our earlier papers). Our new survey is sure to be unique in the sense of its completeness and will make possible further advance in the investigation of the problem of injection of the kinetic energy of SNRs into the interstellar medium. After the data are reduced to a form suitable for general use, the data bank of the survey will be available in the Internet. An example of the data obtained for the SNR G347.3–0.5 is presented in Fig. 64.

*I.V. Gosachinskij, G.N. Il'in, V.A. Prozorov*

## MULTI-FREQUENCY MONITORING OF MICROQUASARS

A program on the study of spectral and temporal variability of a sample of microquasars was continued. New interesting phenomena of microquasars X–3, SS433 and GRS 1915+105 were discovered during several observational cycles of ~100 days in duration at the RATAN–600.

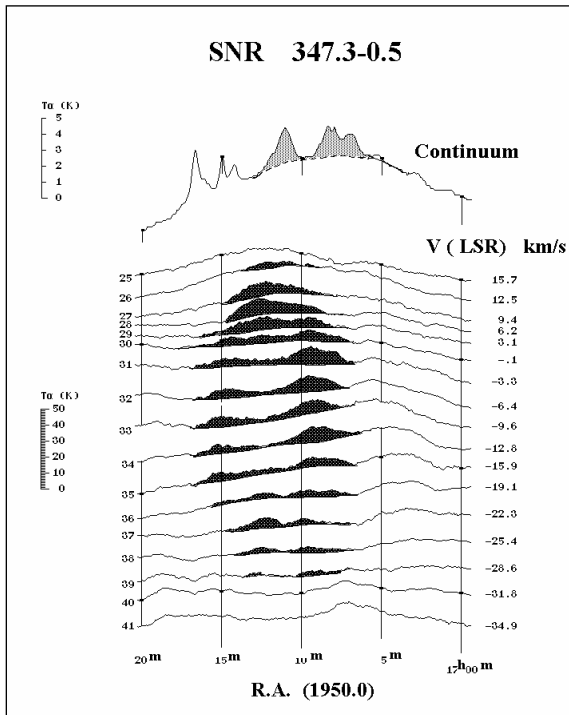


Рис.64. Распределение излучения нейтрального водорода вокруг остатка сверхновой G347.3–0.5. Верхняя кривая – сечение в канале непрерывного спектра, отмечено излучение оболочки остатка. Нижние кривые – сечения в спектральных каналах. Слева приведен номер канала, справа – лучевая скорость относительно местного стандарта покоя. Заливкой отмечена предполагаемая оболочечная структура.

Fig. 64. Distribution of neutral hydrogen emission around the supernova remnant G347.3–0.5. The upper curve shows the section in the channel of the continuum spectrum, remnant envelope emission is marked. The lower curves – sections in the spectral channels. On the left is the number of the channel, on the right – radial velocity with respect to the local standard of rest. A supposed envelope structure is shaded.

**GRS 1915+105.** В мае–сентябре 2001 г. наблюдался микроквазар и сверхсветовой источник GRS 1915+105 на пяти частотах: 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц. Были зарегистрированы пять коротких относительно ярких (>100 мЯн) оптически толстых радиовспышек.

Из рис. 65 видно, что кривые блеска на разных частотах хорошо коррелируют, хотя имеются некоторые особенности, связанные с разными периодами активности этой двойной системы. Судя по данным мониторинга в диапазоне 2–12 кэВ со спутника RXTE, GRS 1915+105 находился в активной фазе, характеризующейся высоким уровнем рентгеновского потока и сильной внутрисуточной переменностью. Можно определенно говорить, что почти все пиковые значения потока в рентгеновском диапазоне имеют аналогичные всплески яркости на кривых радиоблеска. Часто радиовспышки происходили после того, как относительно слабый и стабильный рентгеновский поток становился сильным, с большим разбросом пиковых значений.

С.А. Трушкин, Н.Н. Бурсов, Е.К. Майорова

**Cyg X–3.** На рис. 66 приведены кривые блеска Cyg X–3 в сентябре–ноябре 2001 г. на разных радиочастотах и в рентгеновском диапазоне по данным спутника XTE. В начале цикла произошло очень мощное вспыхивающее событие в радиодиапазоне. Оно, по-видимому, соответствует подъему в два раза на кривой блеска в рентгеновском диапазоне. Но заметной корреляции деталей на кривых блеска не наблюдается. После нашего сообщения были проведены три картографирования объекта на VLBA (Mioduszewski et al. 2003).

**GRS 1915+105.** In May–September 2001, a microquasar and superlight source GRS 1915+105 was observed at five frequencies of 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 and 21.7 GHz. Five short relatively bright (>100 mJy) optically thick radio bursts were registered.

From Fig. 65 it is seen that the brightness curves correlate well at different frequencies, though there are some peculiarities related to different periods of activity of this binary system. Judging by the data of monitoring in the range of 2–12 keV from the satellite RXTE, GRS1915+105 was in an active phase, which is characterized by a high level of X–ray flux and strong day variability. It could be positively said that almost all peak values of the flux in the X–ray range show analogous bursts in radio brightness curves. The radio bursts often occurred after a relatively weak and stable X–ray flux became strong with high dispersion of peak values.

S.A. Trushkin, N.N. Bursov, E.K. Majorova

**Cyg X–3.** Fig. 66 shows the brightness curves of Cyg X–3 in September–November, 2001 at different radio frequencies and in the X–ray range by the data from the satellite XTE. A very powerful burst occurred in radio range in the beginning of the cycle. It is likely to correspond to the two–fold rise on the brightness curve in the X–ray range. But no noticeable correlation of details is observed on the brightness curves. After our report, three mappings of Cyg X–3 were made at VLBA (Mioduszewski et al. 2003). A jet–like structure, which essentially changes

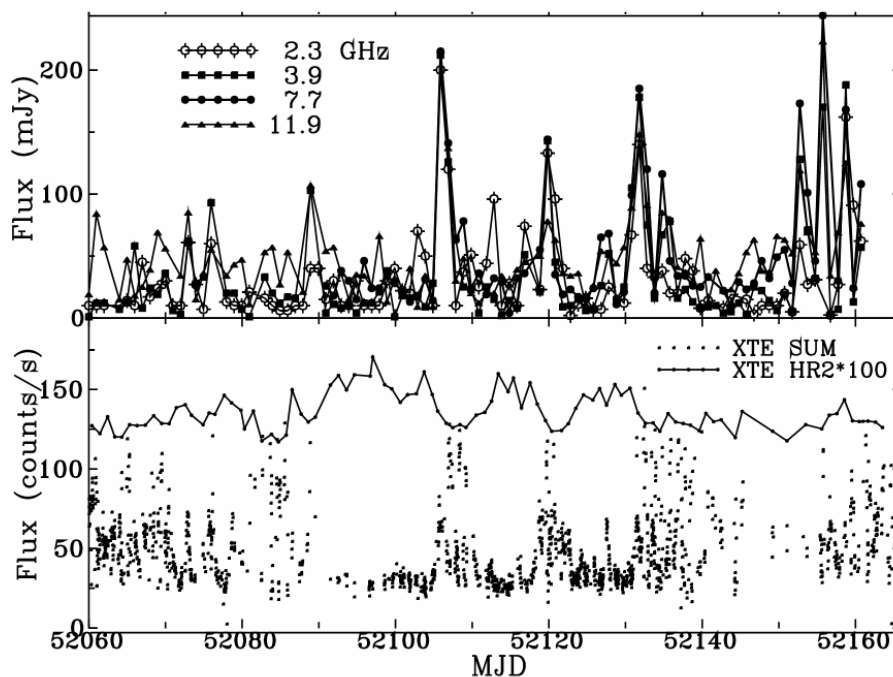


Рис. 65. Кривые блеска микроквара  $GRS1915+105$  в мае–сентябре 2001 г. на частотах 2.3, 3.9, 7.7 и 11.2 ГГц (вверху) и в рентгеновском диапазоне (2–12 кэВ) по данным спутника RXTE (точки, внизу), сплошная ломаная линия – отношение яркостей в диапазонах 5–12 кэВ и 1–5 кэВ (HR2), умноженное на 100.

Fig. 65. Brightness curves of the micro quasar  $GRS1915+105$  in May–September 2001 at the frequencies 2.3, 3.9, 7.7 and 11.2 GHz (above) and in the X-ray range (2–12 keV) by the data from the satellite RXTE (points below). A solid broken line is the ratio of brightness in the ranges of 5–12 keV and 1–5 keV (HR2) multiplied by 100.

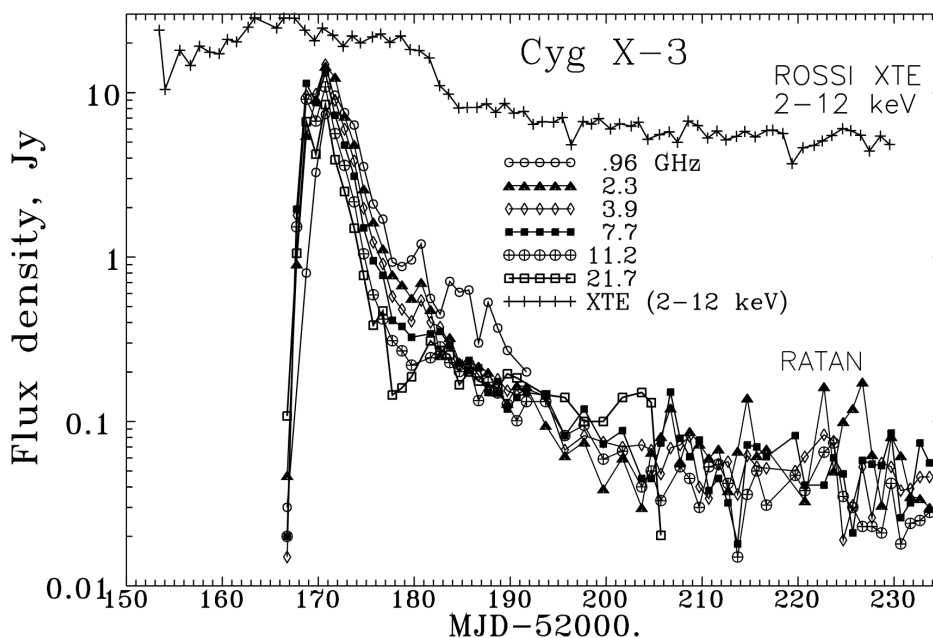


Рис. 66. Кривые блеска  $Cyg X-3$  в сентябре–ноябре 2001 г. на частотах 1, 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц и в рентгеновском диапазоне (2–12 кэВ) по данным спутника XTE.

Fig. 66. Brightness curve of  $Cyg X-3$  in September–November 2001 at frequencies 1, 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 and 21.7 GHz and in the X-ray range (2–12 keV) by the data from the satellite XTE.

На полученных картах ясно видна похожая на выброс структура, которая существенно меняется день ото дня. Особенно выделяются два симметричных выброса из центральной области источника 19 сентября, т.е. на спаде потока вблизи максимума блеска.

Релаксация вспышки происходила постепенно по одному и тому же экспоненциальному закону на всех частотах в течение первых 10 дней. Причем в начале вспышки хорошо заметно влияние теплового поглощения радиоизлучения, которое проявляется в завале спектра на низких частотах.

Таким образом, если это вспышечное событие есть однократное впрыскивание сгустка релятивистской электронно–позитронной плазмы, то адиабатическое расширение этого сгустка приводит к затуханию радиопотока от этой двойной системы.

Затухание этой вспышки от уровня 15 Ян до 0.1 Ян длилось неожиданно долго – около 40 дней, что можно объяснить геометрией расширения струйного выброса. Трехмерное расширение сгустка было бы катастрофически быстрым, так как за 40 дней поток должен был бы упасть грубо в 64000 раз. Вероятно, релятивистские частицы распределены по краю струи и расширение идет только в плоскости с конической геометрией. Такие мощные одиночные вспышки в Cyg X–3 происходят не чаще одного раза в год.

*С.А. Трушкин, Н.Н. Бурсов, Е.К. Майорова*

**SS433.** Вспышки умеренной интенсивности были обнаружены в цикле наблюдений в сентябре–ноябре 2001 г. по программе мониторинга SS433 на радиотелескопе РАТАН–600 (рис. 67). После первой вспышки 2 ноября (MJD 52215) была включена программа TOO на спутнике RXTE. SS433 наблюдался в течение 3000 секунд ежедневно с 18 по 25 ноября (MJD 52222.2–52238.2) на приборе PCA в стандартной моде. В это время была зарегистрирована еще одна радиовспышка (начало MJD52333). Впервые SS433 интенсивно исследовался таким образом в период активности и ожидания оправдались. Впервые наблюдались сильные вариации рентгеновского потока (2–12 кэВ) на временах  $10^2$ – $10^3$  секунд. Интересно, что вторая радиовспышка произошла сразу после начала интенсивных колебаний яркости в рентгене.

Таким образом, мы зарегистрировали событие выброса вещества в массивных и обычно стабильных струях SS433. И хотя при этом рентгеновская светимость не очень отличалась от среднего уровня, величина ее вариаций очень изменялась в ходе развития активности.

*С.А. Трушкин совместно с Т. Котани (Goddard Space Flight Center, США)*

from day to day is clearly seen on the obtained maps. Two symmetrical outbursts from the central part of the source are especially distinct on the 19th of September, i.e. at the flux fall near the brightness maximum.

The burst relaxation occurred gradually according to one and the same exponential law in all frequencies during the first 10 days. In the beginning of the burst, the influence of the thermal absorption of radio emission is well perceptible that manifests itself as a fall of spectrum at low frequencies.

Thus, if this burst event is a single injection of a blob of a relativistic electron–positron plasma, then an adiabatic expansion of this blob leads to the damping of the radio flux from this binary system.

The damping of this burst from the level of 15 Jy to 0.1 Jy (150 times) took unexpectedly long time – about 40 days, that can be explained by the geometry of the jet ejection expansion. Three–dimensional expansion of the blob would be catastrophically fast, since the flux had to fall roughly speaking 64000 times during 40 days. Relativistic particles are apt to be distributed at the jet edge, and the expansion occurs only in the plane of cone geometry. Such powerful single bursts in Cyg X–3 occur at most once a year.

*S.A. Trushkin, N.N. Bursov, E.K. Majorova*

**SS433.** Bursts of moderate intensity were detected during a cycle of observations in September–November, 2001 under the program of monitoring of SS433 at the radio telescope RATAN–600 (Fig. 67). After the first burst on the 2nd of November (MJD 52215) the program TOO was started at the satellite RXTE. SS433 was observed during 3000 seconds every day from 18 to 25 November (MJD 52222.2–52238.2) with the device RSA in the standard mode. At that time another radio burst was registered (beginning at MJD52333). SS433 was first investigated in such an intense way during the period of activity, and expectations proved to be true. Strong variations of the X–ray flux (2–12 keV) on the time scale of  $10^2$ – $10^3$  seconds were first observed. It is interesting that the second radio burst occurred right after the beginning of the intensive X–ray brightness variations.

Thus, we registered the event of the matter ejection in massive and usually stable jets of SS433. Though the X–ray brightness therewith did not differ too much from the average level, the variation value was changing considerably during the progress of activity.

*S.A. Trushkin in collaboration with T. Kotani (Goddard Space Flight Center, USA)*

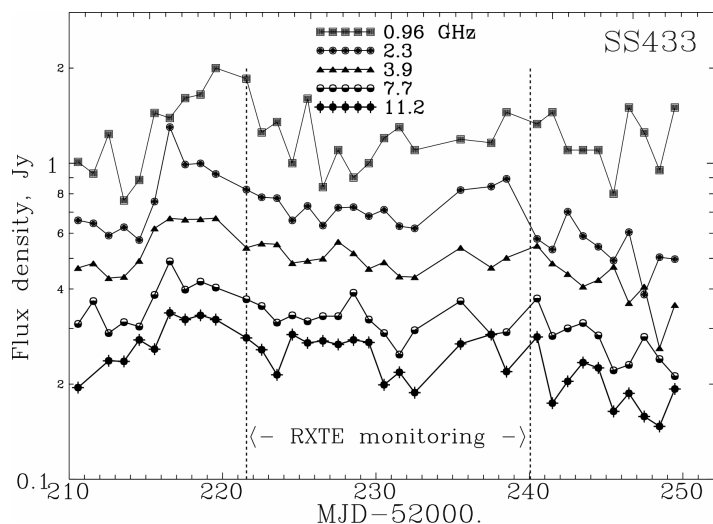


Рис. 67. Кривые блеска SS433 в ноябре 2001 г. на частотах 0.96, 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц. Вертикальные линии указывают интервал времени интенсивных наблюдений SS433 на спутнике RXTE.

Fig. 67. SS433 light curves in 2001 November at frequencies 0.96, 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 and 21.7 GHz. The vertical lines indicate the time interval of intensive observations of SS433 with the satellite RXTE.

### НАБЛЮДЕНИЯ ЯРКИХ РАДИОИСТОЧНИКОВ В ОБЛАСТИ СЕВЕРНОГО ПОЛЮСА МИРА НА РАТАН–600

В 1999 г. на южном секторе РАТАН–600 проводились наблюдения ярких радиоисточников в диапазоне частот от 2.3 до 21.7 ГГц в области Северного Полюса Мира NCP ( $+75^\circ < \text{Dec} < +88^\circ$ ) одновременно с интерферометрическими наблюдениями излучения Галактики на частоте 5 ГГц в обсерватории Джодрелл Бэнк. Точных измерений радиоисточников в области NCP на частотах выше 1.4 ГГц до настоящего времени не существовало. Обзор Greenbank (5 ГГц) охватывает источники только до склонения  $\text{Dec} = +75^\circ$ . Некоторая информация для частот выше 1.4 ГГц имеется только в ранних каталогах (например, Kuehr), но ошибки измерения потоков там велики.

Результатом обзора РАТАН–600 в области NCP является таблица потоков 171 радиоисточника на частотах 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 и 21.7 ГГц. Для большинства источников это единственная имеющаяся информация такого рода. Результаты наблюдений РАТАН–600 показывают хорошее соответствие с данными каталогов NVSS на 1.4 ГГц, WENSS на 0.325 ГГц, а также каталога Kuehr. Результаты обзора могут быть использованы в различных областях радиоастрономии как при изучении статистики распределения спектральных индексов внегалактических радиоисточников, так и при анализе наблюдательных данных по анизотропии реликтового излучения, где чистка точечных источников является существенной частью процесса редукции данных. Таблица с потоками и ошибками доступна на сайте NASA ADS Astronomy Abstract Service или на [astro-ph/0102275](http://astro-ph/0102275).

М.Г. Мингалиев, В.А. Столяр, Н.Н. Бурсов, Г.В. Жеканис совместно с Р.Д. Дэвисом (Обсерватория Джодрелл Бэнк, Великобритания), С.Дж. Мелхушем (Университет Уэльса, Кардифф, Великобритания)

### OBSERVATIONS OF THE BRIGHT RADIO SOURCES IN THE NORTH CELESTIAL POLE REGION AT THE RATAN–600

In 1999 observations of the bright radio sources in the North Celestial Pole (NCP) region at a wide range of frequencies between 2.3 and 21.7 GHz within the declination range of  $+75^\circ < \text{Dec} < +88^\circ$  were carried out at the RATAN–600 radio telescope. This NCP survey was initiated as a complement to the 5 GHz interferometric study of Galactic foreground emission in the NCP made at Jodrell Bank Observatory (UK). There has been no sensitive survey of the NCP region at frequencies higher than 1.4 GHz. The 5 GHz Greenbank survey only extends northwards as far as  $\text{Dec} = +75^\circ$ . The limited data are available at the frequencies higher than 1.4 GHz from the early catalogs such as Kuehr catalog, but the errors of these data are quite big.

The results of the RATAN–600 NCP survey are the fluxes of 171 individual radio sources at 2.3, 3.9, 7.7, 11.2 and 21.7 GHz. For the most sources these flux measurements are the only information ever available. The RATAN–600 results are in good accordance with the flux densities given by NVSS at 1.4 GHz, the Westerbork Northern Sky Survey (WENSS) at 0.325 GHz and the earlier data of the Kuehr catalog. The results of the RATAN–600 NCP survey can be used in various areas of radio astronomy, from the analysis of the spectral indices statistic to the CMB data analysis, where the removal of foreground extragalactic point sources is an essential part of the data reduction process. The table with the fluxes and r.m.s. values is available electronically via NASA ADS Astronomy Abstract Service or at [astro-ph/0102275](http://astro-ph/0102275).

M.G. Mingaliyev, V.A. Stolyarov, N.N. Bursov, G.V. Zhekanis in collaboration with R.D. Davies (University of Manchester, Jodrell Bank Observatory, UK), S.J. Melhuish (University of Wales, Cardiff, UK)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕННОСТИ РАДИОИСТОЧНИКОВ С ПЛОСКИМИ СПЕКТРАМИ

В рамках программы исследования переменности внегалактических радиоисточников на временных масштабах от нескольких дней до нескольких недель на РАТАН–600 были проведены две серии ежедневных наблюдений полной по плотности потока выборки радиоисточников с плоскими спектрами в январе–феврале 1998г. и мае–августе 1999г. Наблюдения 55 источников (из них 25 в обе эпохи) проводились на частотах 3.9–0.5 ГГц. Выборка получена из Зеленчукского обзора на частоте 3.9 ГГц и содержит все источники с потоками  $S > 200$  мЯн в области склонений  $4 - 6^\circ$  (B1950),  $|b| > 10^\circ$ .

Основной результат – подтверждение обнаруженных ранее Хишеном на 9 см вариаций с характерными временами 4 дня у источников с плоскими спектрами. Эффект обнаружен на 5 частотах после усреднения структурных функций источников с плоскими спектрами (Gorshkov et al., 2001):

Частота, ГГц	21.7	11.1	7.7	3.9	2.3
$\langle S \rangle$ , мЯн	390	392	396	413	397
Rms вариаций, мЯн	17	8	7	8.5	7
Индекс модуляции m, %	4.5	2.0	1.7	1.5	1.7
$\langle S \rangle$ , мЯн	189	227	288	460	663
Индекс модуляции m, %			0.5	0.3	

В таблице представлены: средняя плотность потока  $\langle S \rangle$ ; rms<sub>var</sub> вариаций и средний индекс модуляции  $m = (\text{rms}_{\text{var}} / \langle S \rangle) \times 100\%$  на 5 частотах для источников с плоскими спектрами. Для сравнения в двух последних строках приведены  $\langle S \rangle$  и индексы модуляции m для источников со степенными спектрами.

## INVESTIGATION OF VARIABILITY OF FLAT SPECTRUM RADIO SOURCES

Two series of every-day observations of a flux density complete sample of flat spectrum radio sources were carried out at RATAN–600 in January–February, 1998 and May–August, 1999 within the framework of the program of investigation of extragalactic radio source variability on time scales from several days to several weeks. The observations of 55 sources (25 of them at both epochs) were made at frequencies 3.9–0.5 GHz. The sample was derived from the Zelenchukskaya survey at the frequency 3.9 GHz and contains all sources with fluxes  $S > 200$  mJy in a region of declinations  $4$  to  $6^\circ$ (B1950),  $|b| > 10^\circ$ .

The principal result is confirmation of the variation detected earlier by Khishen at 9 cm with characteristic times of 4 days for flat spectrum sources. The effect was revealed at 5 frequencies after averaging the structural functions of flat spectrum sources (Gorshkov et al., 2001):

Frequency, GHz	21.7	11.1	7.7	3.9	2.3
$\langle S \rangle$ , mJy	390	392	396	413	397
Rms variations, mJy	17	8	7	8.5	7
Modulation index m, %	4.5	2.0	1.7	1.5	1.7
$\langle S \rangle$ , mJy	189	227	288	460	663
Modulation index m, %			0.5	0.3	

The Table presents the mean flux density  $\langle S \rangle$ ; rms<sub>var</sub> of variations and the mean modulation index  $m = (\text{rms}_{\text{var}} / \langle S \rangle) \times 100\%$  for flat spectrum sources at 5 frequencies. For comparison, the two last lines give  $\langle S \rangle$  and modulation indices m for power spectrum objects.

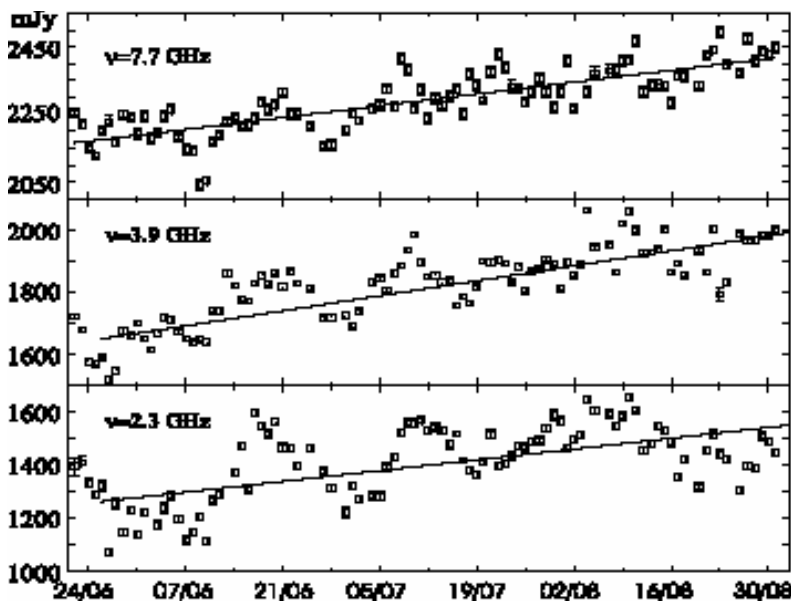


Рис. 68. Кривая яркости источника 2121+053 на частотах 7.7, 3.9 и 2.3 ГГц.

Fig. 68. The brightness curve of the source 2121+053 at frequencies 7.7, 3.9 and 2.3 GHz.

Средний индекс модуляции  $m$  равен примерно 1.7% на всех частотах за исключением 21.7 ГГц, где  $m \sim 4.5\%$ . Тринадцать объектов, которые показывали высокую индивидуальную переменность, при усреднении были исключены.

В том случае, если переменность возникает в самом источнике, яркостная температура  $T_b$  на частоте 2.3 ГГц составляет от  $2.5 \cdot 10^{16}$  до  $4 \cdot 10^{18}$  К для красных смещений  $0.2 < z < 2$ .

У 13 наиболее сильных источников выборки обнаружена индивидуальная переменность с характерными временами в интервале 2–10 дней и индексами модуляции  $m = 1.5–10\%$ , что поддерживает приведенные выше результаты. Кроме того, у нескольких из этих объектов обнаружены циклические компоненты с характерными временами 8–60 дней. Иногда характерное время увеличивается с ростом длины волны (например, у источника 2121+053, рис. 68). Циклические вариации наложены на долговременный рост плотности потока (сплошная линия). Оба вида вариаций коррелированы в широком диапазоне частот.

Мы считаем, что переменность с характерными масштабами около 4 дней вызвана условиями распространения в неоднородной межзвездной среде. В стандартной модели Рикета невозможно получить наблюдаемые значения  $m$  в широком частотном диапазоне. Возможно, что эту трудность удастся преодолеть при рассмотрении более сложной геометрии источника. Могут рассматриваться модели, в которых значительная часть излучения должна быть сосредоточена в структурах, размерами меньше чем  $mas$ , погруженных в более протяженные области. При этом должна существовать частотная зависимость отношения плотности потока компактной и протяженных структур, а возможно и частотная зависимость угловых размеров компактной детали.

Более длительные циклические вариации, возможно, обусловлены как внутренними, так и внешними причинами. Характер частотных зависимостей этих вариаций различен у различных источников и требуются дополнительные наблюдения.

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

## VLA КАРТЫ ДЕКАМЕТРОВЫХ ИСТОЧНИКОВ

Для 97% декаметровых источников каталога УТР получены отождествления с объектами обзора NVSS (Кондон и др., 1998). Для всех объектов УТР с  $\delta > 30^\circ$  (1143 объектов) искались отождествления в обзоре FIRST (Уайт и др., 1997). 552 источника из NVSS (диаграмма направленности 45") и 988 из FIRST (5") с радиусом 60" разрешаются

The mean modulation index  $m$  is approximately equal to 1.7% at all frequencies but for 21.7 GHz, where  $m \sim 4.5\%$ . Thirteen objects that showed high individual variability when averaging were excluded.

In the case where variability originates in the source itself, the brightness temperature  $T_b$  is from  $2.5 \cdot 10^{16}$  to  $4 \cdot 10^{18}$  K at a frequency of 2.3 GHz for redshifts of  $0.2 < z < 2$ .

In 13 strongest sources of the sample an individual variability with characteristic times within an interval of 2–10 days and modulation indices  $m = 1.5–10\%$  is revealed, which confirms the above-presented results. Besides, in some of these objects cyclic components with characteristic times of 8–60 days have been detected. Sometimes the characteristic times increase with growing wavelength (for instance, in the source 2121+053, Fig. 68). The cyclic variations are superimposed on the long-term rise of the flux density (solid line). The two kinds of variations are correlated in a wide range of frequencies.

We think that the variability on characteristic scales of about 4 days is caused by the conditions of propagation in the inhomogeneous interstellar medium. It is impossible to obtain the observed values of  $m$  in a wide frequency range in the standard Richet model. Possibly, we will manage to overcome this difficulty by considering a more complete geometry of the source. One may discuss the models in which a considerably part of radiation must be concentrated in structures of sizes smaller than  $mas$  which are immersed in more extended regions. In this case, there must exist a frequency relation of the flux density ratio of the compact and extended structures and, may be, a frequency relationship of angular dimensions of the compact detail.

Longer cyclic variations are likely to be due to both internal and external causes. The character of frequency relationships of these variations is different in different sources. For this reason, additional observations are needed.

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

## VLA MAPS OF DECAMETER SOURCES

For 97% of decameter sources of the catalog UTR, 2253 identifications with sources of the survey NVSS (Condon et al., 1998) were obtained. For all 1143 objects of UTR with  $\delta > 30^\circ$  the identifications were looked for in the survey FIRST (White et al. 1997). 522 sources from NVSS (the beam of 45") and 988 sources from FIRST (5") with radius of 60" were



на компоненты. Для отождествленных объектов исследовались карты NVSS и FIRST обзоров в зависимости от морфологических свойств спектров радиоисточников. Для этого отбирались источники с линейными спектрами и разбивались на три группы по спектральным индексам: (1)  $-0.9 > \alpha > -1.0$ , (2)  $-1.0 > \alpha > -1.1$  и (3)  $\alpha < -1.1$  ( $S \sim \nu^\alpha$ ). Объекты NVSS выбирались вне Галактической плоскости ( $|b| > 15^\circ$ ), в то время как для всех источников FIRST  $|b| > 20^\circ$  всегда. Было отобрано 536 NVSS источников и 256 FIRST источников. Параметры выборок приведены в таблицах 9 и 10.

Верхние и нижние границы в обеих таблицах определяются чисто селекционными эффектами. Интересным фактом является то, что медианная величина размера источника уменьшается с уменьшением спектрального индекса  $\alpha$ , но колеблется в пределах  $10 \div 30''$ . Несмотря на это, корреляция “спектральный индекс – размер источника” не обнаружена.

*O.V. Verkhodanov, H.V. Verkhodanova совместно с Х.Андернахом (Университет Гуанахуато, Мексика).*

resolved into components. For identified sources the maps of the NVSS and FIRST surveys were investigated depending on morphological properties of radio spectra of sources. To do this, the sources with linear spectra were selected and divided into three groups according to spectral indices: (1)  $-0.9 > \alpha > -1.0$ , (2)  $-1.0 > \alpha > -1.1$  and (3)  $\alpha < -1.1$  ( $S \sim \nu^\alpha$ ). The objects of NVSS were selected out of the Galactic plane ( $|b| > 15^\circ$ ), whereas for all sources of FIRST  $|b| > 20^\circ$ , always. 526 NVSS and 256 FIRST sources were selected. The parameters of samples are presented in Table 9 and 10.

Purely selection effects determine the upper and lower limits in both tables. An interesting fact is that the median value of the source size diminished with diminishing spectral index, but it lies within  $10 \div 30''$ . In spite of this, the correlation “spectral index – source size” was not found.

*O.V. Verkhodanov, N.V. Verkhodanova in collaboration with H. Andernach (University Guanajuato, Mexico).*

*Таблица 9. Параметры выборок из UTR и VLA каталогов по плотности потока в мЯн (минимальный, медианный и максимальный) в зависимости от ранга спектральных индексов. N – число объектов*

*Table 9. Parameters of samples from UTR and VLA catalogs according to flux in mJy (minimum, median and maximum) as a function of spectral index rank. N is the number of objects*

Ранг	FIRST				NVSS			
	N	min	med	max	N	min	med	max
-0.9 ÷ -1.0	88	1.2	514	1710	183	4.2	574	3902
-1.0 ÷ -1.1	93	3.6	363	875	168	5.7	365	1322
< -1.1	75	29	193	650	185	3.3	212	796

*Таблица 10. Параметры выборок из UTR и VLA каталогов по размерам объектов в секундах дуги (минимальный, медианный и максимальный) в зависимости от ранга спектральных индексов*

*Table 10. Parameters of samples from the UTR and VLA catalogs according to object sizes in arcsec (minimum, median and maximum) as a function of spectral index rank*

Rank	FIRST			NVSS		
	min	med	max	min	med	max
-0.9 ÷ -1.0	0.7	26	133	13	24	127
-1.0 ÷ -1.1	1.0	19	139	15	22	130
< -1.1	2.9	12	122	14	17	127

**ИССЛЕДОВАНИЕ IRAS ИСТОЧНИКОВ С НИЗКОЧАСТОТНЫМ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕМ**

**INVESTIGATION OF IRAS SOURCES WITH LOW-FREQUENCY RADIO EMISSION**

По результатам радиоотождествлений IRAS источников в базе данных CATS с каталогом Texas (365 МГц) построена выборка объектов с крутыми радиоспектрами, у которых разность между центрами тяжести координат радио и ИК источников составляет менее 3". 17 объектов из этого списка наблюдались на шести длинах волн на РАТАН–600 и для 9 объектов на 2.1–м телескопе Института ИНАОЕ получены оптические спектры. Наблюдениями на РАТАН–600 подтверждены крутые спектральные индексы радиоисточников ( $\alpha < -0.85$ ). Среди оптических кандидатов при анализе данных спектроскопии обнаружены взаимодействующие галактики, ИК галактика, 2 галактики с эмиссионными линиями, кандидат в объекты типа BL Lac и 3 звезды.

From the results of radio identification in the CATS database of IRAS sources with the catalog Texas (365 MHz) a sample of objects with steep radio spectra was produced, for which the difference between the centroids of coordinates of radio and infrared sources is less than 3 arcsec. 17 objects from this list were observed at 6 wavelengths with RATAN-600 and optical spectra of 9 objects were obtained with the 2.1 m telescope of INAOE Institute. The RATAN-600 observations confirmed the steep spectral indices of radio sources ( $\alpha < -0.85$ ). When analyzing the spectroscopic data of optical candidates we detected interacting galaxies, an infrared galaxy, 2 galaxies with emission lines, a candidate for the BL Lac type of objects and 3 stars.

На рис. 69 приведен пример пары взаимодействующих галактик из исследуемой выборки. Радиоизлучение пары АВ имеет крутой спектр, радиосветимость составляет  $L = 9.381 \cdot 10^{34} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  (при  $H_0 = 64 \text{ km} \cdot \text{Mpc}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  и  $q_0=0.8$ ). ИК излучение может быть обусловлено пылью, возникшей при взаимодействии галактик.

Fig. 69 shows an example of a pair of interacting galaxies from the sample under investigation. The radio emission of the pair AB has a steep spectrum, and its radio luminosity is  $L = 9.381 \cdot 10^{34} \text{ erg s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$  (at  $H_0 = 64 \text{ km Mpc}^{-1} \text{ s}^{-1}$  and  $q_0 = 0.8$ ). The infrared emission can be due to dust arising from interaction of galaxies.

*О.В. Верхованов, С.А. Трушкин совместно с В.О. Чавушияном, Р. Мухикой, Х. Валдесом (ИНАОЕ, Мексика)*

*O.V. Verkhodanov and S.A. Trushkin in collaboration with V.O. Chavushyan, R. Mujica, J. Valdes (INAOE, Mexico)*

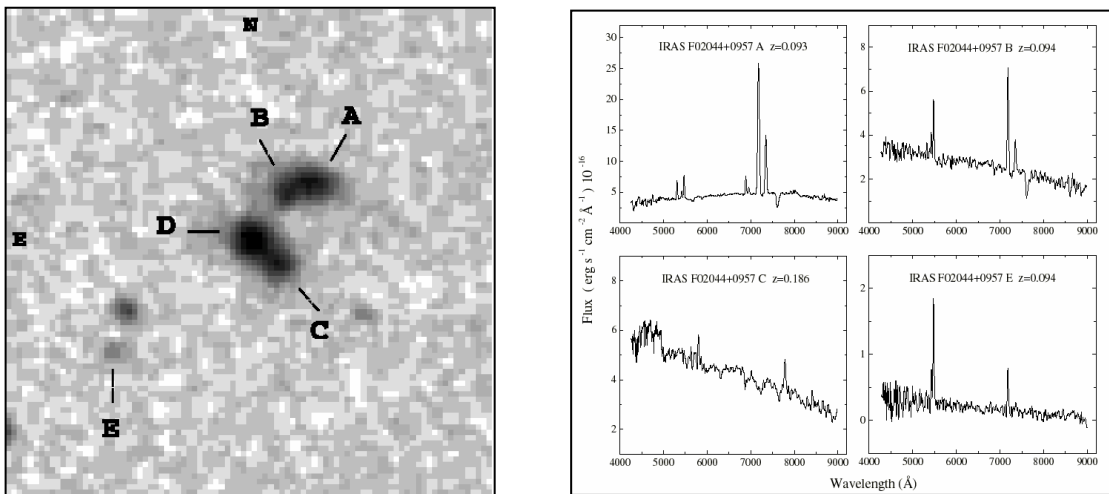


Рис. 69. Слева – изображение группы объектов на DSS2, отождествляемой с источником IRAS F02044+0957. Справа – спектры галактик в области IRAS F02044+0957.

Fig.69. The image of a group of objects identified with the source IRAS F02044+0957 at DSS2 (left-hand panel). The spectra of galaxies in the region IRAS F02044+0957 (right-hand panel).

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКОПЛЕНИЙ ГАЛАКТИК A2063 И A2151 В ОПТИЧЕСКОМ, ИК И РАДИО ДИАПАЗОНАХ

К настоящему времени накоплено большое количество результатов наблюдений галактик в скоплениях, а также моделей и расчетов по их эволюции и взаимодействию. Тем не менее, картина образования и эволюции галактик в скоплениях все еще остается не вполне ясной, и ее разработка является актуальной проблемой в современной астрофизике.

В 2001–2002 гг. нами были исследованы два скопления галактик A2063 и A2151 с близкими  $z = 0.031–0.041$ . Выбор был обусловлен необходимостью статистической обработки и сравнения характеристик скоплений, находящихся по возможности на близких этапах эволюции.

По копиям стеклянной библиотеки POSS в INAOE были определены координаты 70 членов скопления A2063 и 74 членов скопления A2151. Поиск данных для них производился с использованием БД CATS (<http://cats.sao.ru>) от радио до рентгеновского диапазона. Установлено, что яркие галактики в скоплениях являются преимущественно слабыми радиоисточниками. Их радиоизлучение в основном концентрируется в ядерной части галактики. Такой же результат был получен нами ранее по 217 галактикам в скоплении A569 ( $z = 0.0193$ ) и по 115 галактикам в скоплении A1185 ( $z = 0.02933$ ).

Показано, что ИК излучение обнаруживается преимущественно у галактик со спиральной структурой, либо с намечающимися спиралями, что может свидетельствовать о продолжающемся активном процессе звездообразования. В скоплениях A2063 и A2151 существует многочисленный класс сильных радиоисточников с нетепловым характером радиоизлучения, которые отождествляются с компактными галактиками (нетепловое радиоизлучение короны галактик). Эти галактики либо находятся на более раннем этапе развития, либо это далекие галактики с радиоизлучающей короной, случайно проектирующиеся на скопление. Для более ярких галактик ( $m_{\text{cp}} = 15.5^{\text{m}}$ ) мощность радиоизлучения уменьшается, наблюдается концентрация его к центру галактики, и спектр его становится более плоским.

*Н.М. Липовка, А.А. Липовка совместно с Е. Чавира (INAOE, Мексика)*

## ОБНАРУЖЕНИЕ НОВЫХ СВОЙСТВ ПРЕДВСПЫШЕЧНОЙ ПЛАЗМЫ В МИКРОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Проблема поиска надежных критериев предсказания крупных вспышечных событий на Солн-

## STATISTICAL STUDY OF THE CLUSTERS A2063 AND A2151 IN OPTICAL, INFRARED AND RADIO RANGE

By now, a lot of observational data and a great number of models and simulations of the evolution of galaxies in clusters and their interaction have been accumulated. Nevertheless, the picture of origin and evolution of galaxies in clusters is not quite clear yet and its elaboration is still an urgent problem in modern astrophysics.

In 2001 we investigated two clusters of galaxies A2063 and A2151, situated at close redshifts  $z = 0.031–0.041$ . In this case the choice by redshift was due to the necessity of statistical processing and comparison of characteristics of clusters at close stages of evolution.

From the Palomar glass library prints in INAOE (Mexico) the coordinates of 70 members of the cluster A2063 and 74 members of the cluster A2151 were determined. The search of data for them was performed with using the data of the CATS database (<http://cats.sao.ru>) from the radio to the X-rays range. The analysis allowed us to establish that bright galaxies in clusters are mainly weak radio sources, their radio emission being concentrated basically in the nuclear part of the galaxy. We had obtained an analogous result earlier from the 217 galaxies in clusters A569 ( $z = 0.0193$ ) and from 115 galaxies in cluster A1185 ( $z = 0.02933$ ).

The study of morphological types of galaxies showed that the infrared radiation is detectable mainly for galaxies of spiral structure or with spirals being outlined, which be evidence of a continuous active process of the star formation. In the clusters A2063 and A2151 there exists an assemblage of strong non-thermal radio sources, which are identified in optical range with compact galaxies whose radio emission is mainly related to non-thermal radio emission of the galactic corona. These galaxies are either at an earlier stage of evolution or galaxies with a radio-radiating corona, projected random by onto the cluster. As the power of radio emission of brighter galaxies ( $m_{\text{cp}} = 15.5^{\text{m}}$ ) reduces, its concentration towards the center of the galaxy is observed, and the spectrum of the emission becomes flatter.

*N.M. Lipovka, A.A. Lipovka in collaboration with E. Chavira (INAOE, Mexico)*

## DETECTION OF NEW PREFLARE PLASMA PROPERTIES IN MICROWAVE RANGE

The problem of looking for reliable criteria of large-scale flare activity prediction on the Sun is related to

це связана с особенностями излучения предвспышечной плазмы в активных солнечных областях. Существуют определенные состояния плазмы (комбинации магнитного поля, температуры, плотности плазмы) в некотором интервале высот солнечной атмосферы, которые ответственны за генерацию вспышек. Согласно многолетним исследованиям такие условия извержения вспышки создаются на уровнях хромосферы и нижней короны, которая потом распространяется вниз на уровень фотосферы и вверх – в верхнюю корону, где она регистрируется в белом свете и рентгене. Мы обнаружили явления многократной инверсии поляризации в частотном спектре, появление которой имеет высокую корреляцию с возникновением мощных вспышек на Солнце, генерирующих высокоскоростные потоки протонов. Это явление, в основном, происходит в диапазоне волн 2–5 см и регистрируется заблаговременно на интервале от нескольких часов до нескольких дней. Обнаруженные свойства предвспышечной плазмы могут быть использованы для тестирования современных моделей вспышек. В качестве примера на рис. 70 представлено наблюдение диска Солнца в поляризованном излучении на нескольких волнах см-диапазона (от 1.83 до 4.32 см), проведенного 1 апреля 2001 г. на Южном секторе RATAN-600.

Поляризованное излучение AR 9408, расположенной вблизи центрального меридиана, имеет монотонный рост спектра с длиной волны в соответствии с циклотронным механизмом излучения. Напротив, спектр излучения AR 9393, находящейся вблизи западного лимба, резко неоднороден. В диапазоне от 1.83 до 2.32 см и в диапазоне от 3.83 см и длиннее излучение имеет правый знак поляризации. Это соответствует циклотронному излучению на низких гармониках гирочастоты в сильных магнитных полях пятен. Однако на промежуточных волнах в диапазоне от 2.67 до 3.21 см монотонность резко нарушается. Степень поляризации радиоизлучения падает в 3–4 раза, резко меняется структура поляризации с появлением новых радиоисточников и сменой знаков поляризации. Ясно, что высокая корреляция таких явлений с мощными протонными событиями позволит тестировать существующие модели солнечных вспышек и разрабатывать эффективные критерии прогноза мощных протонных событий на Солнце.

*В.М. Богод, С.Х. Тохчукова*

#### **ОБНАРУЖЕНИЕ ЭФФЕКТА МИКРОВОЛНОВОГО “ПОТЕМНЕНИЯ” ПЕРЕД ПРОТОННОЙ ВСПЫШКОЙ**

Обнаружен эффект потемнения микроволнового излучения, возникающий в отдельных активных областях за 3–4 дня перед протонной вспышкой.

the particularities of preflare plasma radiation in solar active regions. There are certain plasma states, i.e., the combinations of magnetic field, temperature, and plasma density in a certain range of the solar atmosphere heights, which are responsible for generation of flares. According to the long-term investigations, such conditions of the flare eruption occur at the levels of the chromosphere and the lower corona, which then expands downwards to the level of the photosphere and upward to the level of the upper corona where it can be recorded in white light and X-rays. We detected an event of multiple inversion of polarization in the frequency spectrum. The appearance of such polarization behavior is highly correlates with the origin of powerful flares on the Sun, which generate a high energy proton events. This phenomenon occurs mainly in the wavelength range of 2–5 cm and is registered beforehand in the interval of time from several hours to several days. The detected properties of preflare plasma could be used to test present-day models of flares. As an example, Fig.70 shows a scan of the disk of the Sun in polarized radiation at several waves of cm range (from 1.83 to 4.32 cm) performed with the Southern sector of RATAN-600 on the April 1, 2001.

The polarized radiation of AR 9408, that is located close to the central meridian, demonstrates a monotonic rise of the spectrum with wavelength in accordance with the cyclotron mechanism of radiation. On the contrary, the spectrum of AR 9393, that is located close to the western limb, is sharply non-uniform. The radiation has the right sign of polarization in the range from 1.83 to 2.32 cm and in the range from 3.83 cm and longer. This corresponds to cyclotron radiation at low gyrofrequency harmonics in strong magnetic fields of spots. However, at the intermediate wavelengths, from 2.67 to 3.21 cm, the monotonic character is sharply broken. The polarization degree of radio emission falls 3–4 times. The structure of polarization sharply changes as new radio sources appear and polarization signs reverse. It is already clear that the high correlation of such phenomena with powerful proton events allows us to test the present models of solar flares and elaborate effective criteria for prediction of powerful proton events on the Sun.

*V.M. Bogod, S.Kh. Tokhchukova*

#### **DETECTION OF MICROWAVE “DARKENING” EFFECT PRIOR TO PROTON FLARE**

An effect of microwave radiation darkening arising in individual active regions 3–4 days before the proton flare was detected. In particular, the flare known as

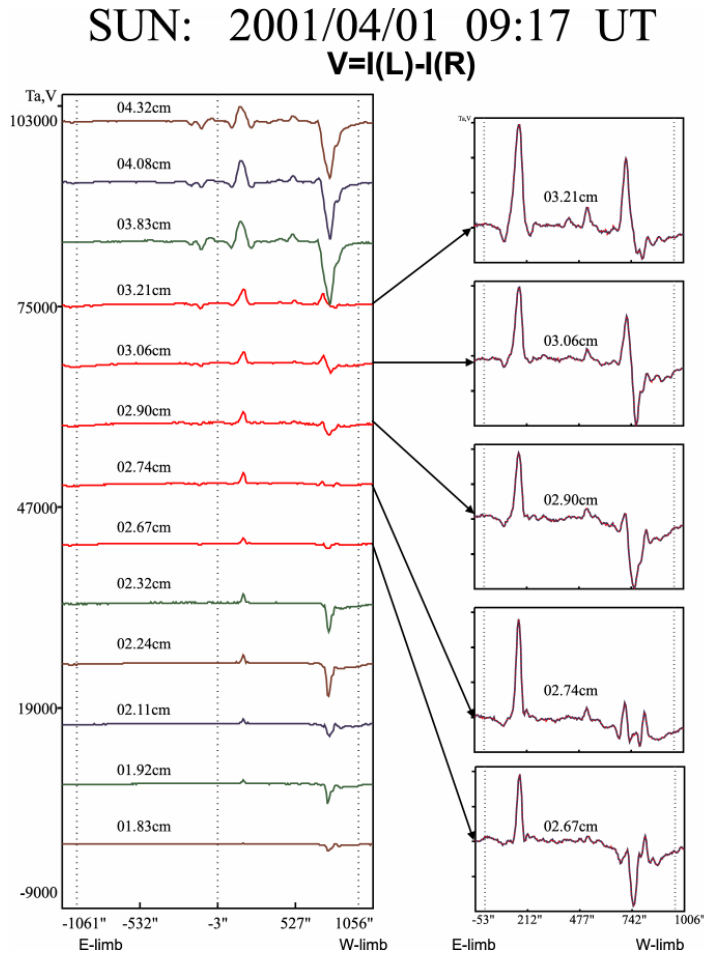


Рис. 70. Многоволновый скан поляризованного радиоизлучения диска Солнца в коротковолновой части см диапазона. В западной части диска зарегистрировано излучение стабильной активной области AR 9408 (вблизи центрального меридиана) и вспышечно–продуктивной активной области AR 9393 (вблизи западного лимба), которые имеют различные спектры.

Fig. 70. Multiwave scan of the polarized radiation of the disk of the Sun in the short-wave part of the centimeter range. Radiation of the stable active region AR 9408 (close to the central meridian) and the flare-productive active region AR 9393 (close to the western limb) having different spectra was recorded in the western part of the disk.

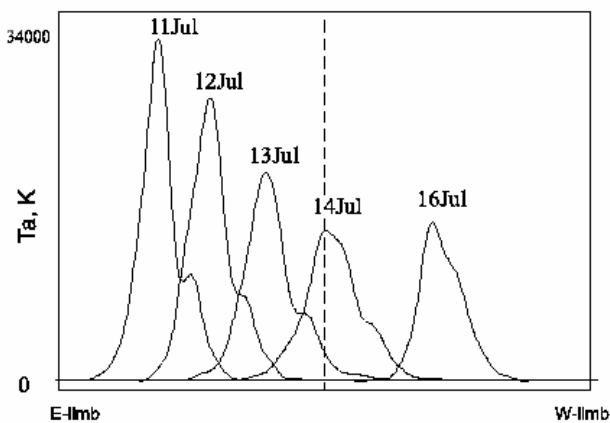


Рис. 71 Одномерные сканы Солнца по наблюдениям на РАТАН–600 (7.03 см), демонстрирующие эффект "потемнения" радиоизлучения активной области AR9077 при ее прохождении по диску с 11 по 16 июля 2002 г. Уровень спокойного Солнца вычтен. Протонная вспышка произошла 14 июля 2000г.

Fig. 71. One-dimensional scans of the Sun from RATAN-600 observations (7.03 cm), which demonstrate the effect of "darkening" of radiation of the active region AR9077 when it was crossing the disk from July 11 till 16, 2000. The quiet Sun level was subtracted. The proton flare occurred on the July 14, 2000.

В частности, анализировалась вспышка, известная под именем вспышка Бастилии, которая произошла 14 июля 2000г. в 14:10 UT. Многоволновые наблюдения на РАТАН–600 были сопоставлены с данными радиогелиографа в Нобейяма (Япония) на волне 1.76 см и радиогелиографа ССРТ (Иркутск) на волне 5.2 см. Результаты сравнения на этих волнах подтвердили многоволновые данные РАТАН–600, сделанные с одномерным сканированием диска Солнца. Эффект микроволнового потемнения представлен на рис. 71.

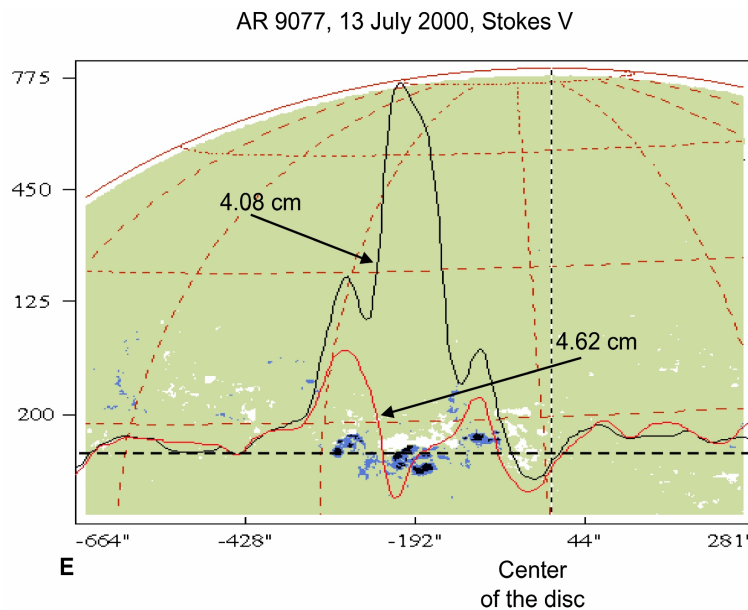
Явление микроволнового “потемнения” сопровождалось изменениями в поляризационной структуре радиоизлучения. В этой области обнаружено явление двойной инверсии поляризации излучения на двух волнах в диапазоне около 5 см (рис. 72). Интерпретация совместного действия эффекта микроволнового потемнения и явления двойной инверсии знака круговой поляризации позволяет представить эти явления как постепенное накопление холодной плазмы в протуберанце, расположенном в вершине арочной структуры активной области. Перед вспышкой произошло ее извержение с образованием коронального выброса масс, что было обнаружено на спутнике SOHO и ряде наземных обсерваторий.

*С.Х. Тохчукова, В.М. Богод*

the Bastille flare which occurred on July 14, 2000 at 14:10 UT was analyzed. The multiwave RATAN–600 observations were correlated with the data of Nobeyama (Japan) radio heliograph at a wavelength of 1.76 cm and the SSRT radio heliograph (Irkutsk) at a wavelength of 5.2 cm. The comparison of data at these waves confirmed the multiwave RATAN–600 data obtained in one–dimensional scanning of the disk of the Sun. The effect of microwave darkening is shown in Fig.71.

The phenomenon of microwave “darkening” was accompanied with changes in the polarization structure of radio emission. A phenomenon of double inversion of radiation polarization was detected in this region at two wavelengths in the range of about 5 cm (Fig. 72). The interpretation of the joint action of the effect of microwave darkening and the phenomenon of double inversion of the circular polarization sign allows us to assume these phenomena as step–by–step accumulation of cold plasma in a prominence at the top of an arch structure of the active region. Its eruption with the corona ejection of mass occurred before the flare. It was detected with the SOHO satellite and a number of ground–based observatories.

*S.Kh. Tokhchukova, V.M. Bogod.*



*Рис. 72. Детальное сопоставление наблюдений на близких волнах 4.08 и 4.62 см 13 июля 2000 г. в каналах круговой поляризации с магнитной структурой. Видно резкое изменение сигнала и смена знака поляризации в области раздела магнитных полярностей.*

*Fig. 72. Detailed comparison of observations at close wavelengths, 4.08 and 4.62 cm, obtained on the 13th of July, 2000 in the circular polarization channels with the magnetic structure. The sharp change of the signal and the of polarization sign inversion in the region of division of magnetic polarities are seen.*

*ПЕРЕМЕННОСТЬ ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИХ РАДИОИСТОЧНИКОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОЧАСТОТНОГО МОНИТОРИНГА НА РАТАН-600*

На протяжении 1995–1996 гг. на северном секторе РАТАН-600 проводились наблюдения 71 внегалактического радиисточника, 6 из которых использовались в качестве опорных. Основная цель наблюдений заключалась в изучении переменности плотности потоков радиоизлучения источников. Диапазон склонений составлял от  $-24^\circ$  до  $44^\circ$ . Было проведено восемь серий наблюдений на длинах волн 2.7, 3.9, 7.6, 13 и 31 см, а в некоторых сериях на 1.38 см.

По полученным наблюдательным данным было выполнено исследование переменности радиоизлучения источников. Результаты этих исследований показывают:

- Переменными одновременно на всех длинах волн (2.7, 3.9, 7.6, 13 и 31 см) являются 17 (26%) объектов. Из них лацертид – 9 (60%) из 15, квазаров – 7 (24%) из 29 и один (17%) из шести оптически неотожествленных объектов.
- Переменность в основном характерна для радиисточников с плоскими спектрами. Среди указанных выше 17 переменных объектов 12 (71%) имеют плоский спектр. Спектры более половины радиисточников, переменных на трех и четырех длинах волн, являются плоскими.
- В линейном среднеквадратичном приближении амплитуда переменности растет с увеличением частоты у 34 радиисточников.
- Наибольшие медианные амплитуды переменности радиоизлучения наблюдаются у лацертид (за исключением оптически неотожествленных объектов на длине волны 31 см), их значения в  $1.5 \div 3$  и даже более раз превышают значения амплитуд других объектов.
- Амплитуда переменности на всех длинах волн с ростом красного смещения в линейном среднеквадратичном приближении у квазаров увеличивается, а у галактик и лацертид уменьшается.

*С.О. Кийков, М.Г. Мингалиев, В.А. Столяров, М.С. Ступалов*

*Опубликовано в Бюлл. САО, 2002, 54, 5*

*VARIABILITY OF EXTRAGALACTIC SOURCES FROM THE RESULTS OF MULTIFREQUENCY MONITORING AT RATAN-600*

Observations of 71 extragalactic sources, 6 of which were used as reference ones, were carried out with the North sector of RATAN-600 in 1995–1996. The main goal of the observations consisted in studying variability of the flux density of radiation from the sources. The range of declinations was from  $-24^\circ$  to  $44^\circ$ . The sources were observed in eight series at wavelengths of 2.7, 3.9, 7.6, 13 and 31 cm and in some cases at 1.38 cm.

Using the obtained observational data emission variability at the radio sources was studied. The results show that

- 17 (26%) objects are variable simultaneously at all the wavelengths (2.7, 3.9, 7.6, 13 and 31 cm). Out of these 17 objects there are 9 (60%) from 15 Lacerta objects, 7 (24%) from 29 quasars and 1 (17%) from 6 optically unidentified objects.
- Variability is characteristic mainly of flat spectrum radio sources. Among the 17 variable sources indicated above, 12 (71%) have a flat spectrum. The spectra of more than half of the radio sources, variable at three and four wavelengths, are flat.
- In a linear r.m.s. approximation, the amplitude of variability grows with increasing frequency in 34 radio sources.
- The largest median amplitudes of variability of radio emission are observed in Lacerta objects (except for the amplitude of the optically unidentified objects at the 31 cm wavelength), their values are larger by a factor of  $1.5 \div 3$  and above than the amplitude values of the other objects.
- The variability amplitude at all the wavelengths increases in quasars with increasing redshift in a linear r.m.s. approximation, whereas in galaxies and Lacerta objects it decreases.

*S.O. Kijkov, M.G. Mingaliev, V.A. Stolyarov, M.S. Stupalov*

*Published in Bull. SAO, 2002, 54, 5*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБОКИХ ОБЗОРОВ НЕБА НА РАТАН–600

Моделирование глубоких обзоров неба необходимо для оценки вклада дискретных источников и фона Галактики в исследуемое реликтовое излучение, а также для обнаружения новых дискретных источников. Последнее относится к снижению эффекта “путаницы”, когда в диаграмму направленности (ДН) РАТАН–600 попадает несколько радиоисточников на разных склонениях. Зная спектральные свойства выборки источников в полосе обзора, можно последовательно “вычищать” известные источники из записей обзора.

Процедура основана на модельном расчете ДН РАТАН–600 и NVSS обзоре (1.4 ГГц). Модельные кривые прохождения и записи реальных наблюдений обзоров “Холод” и “Зенит” имеют высокую степень корреляции, что позволяет разделить вклад дискретных источников и фонового излучения. При этом уровень “путаницы” понижается до минимального потока используемого каталога (NVSS).

Источники из NVSS определяются по их месту в записях наблюдений, далее рассчитывается их отклик при прохождении через неподвижную ДН с учетом величины выноса источника относительно центрального сечения. Полученные модельные кривые, нормированные с учетом оценки потоков и спектров NVSS источников, вычитаются из записей наблюдений. В результате получаются очищенные от источников записи обзоров. Важность этой процедуры обусловлена тем, что при исследовании ДН по сильным опорным источникам в 2001–2002 гг. была выявлена мелко-масштабная структура ДН на далеких сечениях, которая может привести к появлению ложных источников при применении стандартных процедур обработки наблюдений. Учет дифракционных эффектов в расчете ДН (Майорова) и ошибок в установке отражающих элементов главного зеркала и последние измерения ДН позволили с высокой точностью рассчитывать профили источников. В целом коэффициент корреляции между рассчитанным профилем и кривой прохождения источника выше 90%, то есть достигается совпадение с точностью до шумов на записях.

Модельные расчеты проделаны для глубоких обзоров “Зенит” на высоте источника 3С84 для волны 7.6 см. На рис. 73 приведены результаты моделирования обзоров “Зенит” для 4-го часа. Потоки либо пересчитаны на одну из частот обзоров (длина волны 7.6 см), либо измерены там, где спектр источников известен. Кривая наблюдений получена из усреднения более 300 записей, полученных с 1998 г. на Северном секторе РАТАН–600. Для сопоставления кривых в модельную кривую добавлен шум с дисперсией, равной шуму на кривой усреднения. Коэффициент корреляции между этими двумя записями равен 0.92. При расчете модельных кривых было сделано два до-

## DEEP SKY SURVEY MODELING AT RATAN–600

Modeling of deep sky surveys is necessary for evaluation of the contribution of discrete sources and of the Galaxy background to the microwave radiation being studied, and also for detection of new discrete sources. The latter refers to the reduction of the “confusion” effect when several radio sources at different declinations fall within the beam pattern (BP) of RATAN–600. Knowing the spectral properties of the sample of sources in the survey band, one can sequentially “clean” the known sources from the records of the survey.

The procedure is based on model calculations of the BP of RATAN–600 and on the NVSS survey (1.4 GHz). The simulated drift scans and the records of real observations of the surveys “Cold” and “Zenith” are highly correlated, which makes it possible to separate the contribution of discrete sources and background radiation. This lowers the “confusion” level to the minimum flux of the catalog used (NVSS).

The NVSS sources are determined by the place they occupy in the records of observations, then their response when crossing the immovable BP is calculated with allowance made for the amount of displacement of the source with respect to the central section. The derived model curves normalized with consideration for the estimate of fluxes and spectra of the NVSS sources are subtracted from the records of observations. This results in records of the survey cleared from the sources. The importance of this procedure is caused by the fact that when investigating the BP using strong reference sources, a small-scale structure of the BP was revealed in 2001–2002 at distant sections, which might lead to appearance of false sources when standard procedures of data processing were applied. Allowing for the diffraction effects in calculation of BP (Majorova) and for the errors in setting the reflection panels of the main mirror and also the latest measurements of the BP enables high accuracy computations of the profiles of the sources. As a whole, the coefficient of correlation between the calculated profile and the drift scans of source is above 90%, that is, coincidence with an accuracy to noises on records is achieved.

Model calculations were performed for the deep surveys “Zenith” at the height of the source 3C84 for the wave 7.6 cm. Fig. 73 presents the results of modeling the “Zenith” surveys for the 4th hour. The fluxes are either converted to one of the frequencies of the surveys (7.6 cm), or measured where the spectra of the sources are known. The curve of the observations was derived from averaging more than 300 records made with the North sector of RATAN–600 since 1998. For comparison of the curves, noise with the dispersion equal to the noise on the curve of averaging was added to the simulated curve. The coefficient of correlation between these two records is 0.92. When calculating the model curves, two as-

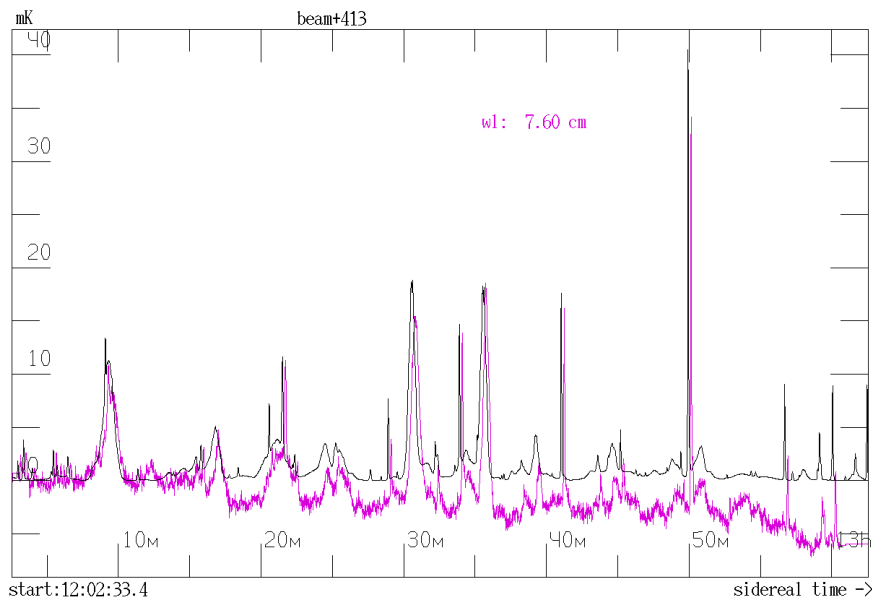


пушения. Во-первых, все плотности потоков источников, для которых неизвестно спектральное распределение радиоизлучения, пересчитывались на частоту обзора в предположении нормальных нетепловых спектров. Средняя оценка источников с такими спектрами получена ранее (Бурсов). Во-вторых, предполагалось, что все источники – точечные для ДН РАТАН–600. Есть основание считать, что эти допущения не сильно сказываются на результатах моделирования обзоров. Использование данных на других частотах РАТАН–600 (2.3 и 7.7 ГГц) позволит избежать неоднозначности моделирования.

*Н.Н. Бурсов, Е.К. Майорова*

assumptions were made. First, all flux densities of the sources, for which the spectral distribution of radio emission was unknown, were converted to the frequency of the survey under the assumption of normal non-thermal spectra. The mean estimate of the sources with such spectra had been made by Bursov earlier. Second, all the sources were assumed to be point ones for RATAN–600. We have reason to believe that these assumptions do not affect the results of modeling the surveys strongly. The use of our data at other frequencies of RATAN–600 (2.3 и 7.7 GHz) will make it possible to avoid ambiguity of modeling.

*N.N. Bursov, E.K. Majorova*



*Рис. 73. Результаты моделирования обзоров “Зенит” для антенны Северный сектор РАТАН–600: расчетная кривая прохождения получена по выборке NVSS–источников (синяя кривая), экспериментальная кривая прохождения (лиловая кривая) – из усреднения 300 наблюдений.*

*Fig. 73. The results of modeling the “Zenith” surveys for the North sector of RATAN-600: the computed drift scan derived from the sample of the NVSS sources (blue), the experimental curve of transit (violet) derived from averaging of 300 observations.*