

базирующаяся на СУБД "Oracle". Для реализации доступа к электронным информационным ресурсам библиотеки САО и других хранилищ разработана специализированная Web-страница (<http://www.sao.ru/lib/>) с регулярным обновлением информации. При поддержке РФФИ САО получила доступ к электронным версиям журналов ведущих издательств. В читальном зале библиотеки установлено 3 компьютера для пользования электронными ресурсами.

V.V. Vitkovskij, A.A. Ivanov, E.I. Kaisina, N.A. Kalinina, A.V. Lomakin, S.V. Malkhasjan, G.A. Mal'kova

resources of the SAO library and other data warehouses a special regularly-updated Web page was developed (<http://www.sao.ru/lib/>). SAO has received access to electronic versions of science journals with the RFBR support. The library reading-room was equipped with 3 computers for access to electronic resources.

V.V. Vitkovskij, A.A. Ivanov, E.I. Kaisina, N.A. Kalinina, A.V. Lomakin, S.V. Malkhasjan, G.A. Mal'kova

ТЕЗИСЫ ДИССЕРТАЦИЙ

МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ХИМИЧЕСКИ ПЕКУЛЯРНЫХ ЗВЕЗД ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

В работе сформулировано новое научное направление – исследование картины образования и эволюции магнитных полей CP звезд путем наблюдательной проверки внешних проявлений альтернативных механизмов их происхождения (динамо или реликтового). Изучались зависимости величины и структуры магнитного поля от фундаментальных параметров указанных объектов и их пространственного распределения.

Основная цель работы – выяснение механизмов образования магнитных полей CP звезд и их дальнейшей эволюции. Для ее достижения автором были решены следующие задачи:

1. На 6-м телескопе САО РАН получен большой наблюдательный материал (более 2000 зеемановских спектров), он был обработан. Была отлажена методика калибровки и стандартизации данных, обеспечившая стабильность системы магнитных измерений САО независимо от вида применяемых светоприемников на протяжении 25 лет и ее соответствие международной.

2. Проведены поиски новых магнитных CP звезд. Впервые магнитные поля были обнаружены у 51 объекта и достоверно подтверждены у 10 из них, заподозренных ранее в качестве магнитных. Корреляция между степенью аномальности распределения энергии в континууме и величиной магнитного поля на поверхности CP-звезд найдена слабой.

3. Выполнены исследования тонкой структуры магнитных полей нескольких CP звезд, прямо указывающие на сложную их топологию. Наблюдения зеемановских спектров быстровращающейся гелиевой звезды HD 37776 дали неопровержимые доказательства

THESES REVIEW

MAGNETIC FIELDS OF CHEMICALLY PECULIAR STARS OF THE MAIN SEQUENCE

A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics

The thesis presents a formulation of a new scientific direction – the study of the picture of transformation and evolution of magnetic fields of CP stars by observational testing external manifestations of alternative mechanisms of their origin (dynamo or relic one). The dependence of the magnetic field value and structure on fundamental parameters of those objects and their spatial distribution were studied.

The main aim of this work is to elucidate mechanisms of formation of magnetic fields of CP stars and their subsequent evolution. To achieve this goal the author solved the following problems:

1. A lot of observational data (more than 2000 Zeeman spectra) were obtained with the SAO 6-meter telescope. This material was processed. A method for calibration and standardization of data was refined. The method corresponding to the international one guaranteed stability of the SAO's magnetic measurements system independently of type of light detectors used during 25 years.

2. Search of new magnetic CP stars was fulfilled. Magnetic fields were first detected for 51 objects and reliably confirmed for 10 of them which were previously suspected as magnetic ones. It was found that the correlation between a level of anomalism of energy distribution in continuum and the magnetic field value on CP star surface is weak.

3. A fine structure of magnetic field of several CP stars directly indicating their complicated topology was investigated. The observations of Zeeman spectra of the fast-rotating helium star HD 37776 gave incontestable proofs of magnetic field of a complicated undipole structure up to 70 kGs on the surface what is a record-

существования у нее рекордно сильного для невырожденных звезд магнитного поля сложной недипольной структуры величиной до 70 кГс на поверхности. Обнаружена связь между расположением аномалий химсостава и топологией магнитного поля. Из анализа Зееман-эффекта в образующихся в атмосфере на разной глубине линиях сделан вывод о существовании измеримого вертикального градиента поля в атмосфере CP звезды α^2 CVn, что свидетельствует о его сложной структуре.

4. Исследованы параметры магнитных полей CP звезд в зависимости от скорости их вращения и магнитные кривые для 19 объектов. Найдено, что среди звезд с известными периодами медленные ротаторы не обладают сильными полями. Сложная структура наблюдается преимущественно у быстрых ротаторов. Наибольшей величины магнитные поля достигают у CP звезд с периодами вращения от 5 до 10 суток.

5. Создан каталог магнитных CP-звезд, в котором содержатся сведения о 240 объектах с надежно измеренными полями. Приводятся результаты его исследования. Найдены соотношения между скоростью вращения, температурой и магнитным полем для различных групп CP звезд. Показано, что внутри достаточно узких температурных интервалов фотометрические индексы, описывающие степень аномальности распределения энергии в континууме, растут с увеличением периода вращения в каждом из них.

6. Исследовано пространственное распределение и кинематика магнитных CP звезд. Обнаружены различия в распределении реверсивных (меняющих знак продольной компоненты поля) и нереверсивных магнитных звезд. Доля нереверсивных среди звезд-членов скоплений в два раза выше, чем среди звезд поля. Их распределение в направлениях вдоль и поперек спирального рукава Галактики значительно различаются.

Совокупность полученных наблюдательных данных позволяет подойти к решению проблемы возникновения и дальнейшей эволюции магнитных полей CP звезд. Обе конкурирующие модели происхождения звездных магнитных полей (динамо и реликтовая) объясняют только часть наблюдаемых данных и сталкиваются со значительными трудностями при попытках объяснения другой части.

Наши данные поддерживают гипотезу реликтового происхождения магнитного поля CP звезд. Об этом свидетельствует: отсутствие сильной зависимости величины поля от скорости вращения, существование сильных магнитных полей у очень медленных ротаторов – звезд с периодами вращения десятки лет, особенности пространственной ориентации магнитных осей звезд-членов скоплений, указывающие на коллективное их происхождение и возможную связь с локальным магнитным полем Галактики.

И.И. Романюк

breaking strong for non-degenerate stars. A relation between locations of anomalies in chemical composition and magnetic field topology was detected. From analysis of the Zeeman effect in lines formed at different depth in atmosphere it was concluded that there exists a measurable vertical field gradient in the atmosphere of the CP star α^2 CVn what testifies to its complicated structure.

4. Magnetic curves and a relation between magnetic field parameters of CP stars and velocity of their rotation were investigated for 19 objects. It was found that among stars with known periods the slow rotators do not have strong fields. A complicated structure is observed predominantly for fast rotators. The magnetic fields are the strongest in CP stars with rotation period from 5 to 10 days.

5. A catalogue of magnetic CP stars with information about 240 objects with reliably measured fields was compiled. Results of its study are given. Correlations between rotation velocity, temperature and magnetic field were determined for different groups of CP stars. It was shown that inside rather narrow temperature intervals the photometric indexes describing the level of anomalism of energy distribution in continuum increase as the rotation period in each of them increases.

6. Spatial distribution and kinematics of magnetic CP stars were investigated. Differences in distribution of reversing (i.e. changing a sign of longitudinal field component) and non-reversing magnetic stars were detected. A portion of non-reversing stars among the stars-members of clusters is two times higher than among stars of field. Their distributions along and across the spiral branch of the Galaxy are significantly different.

The totality of obtained observational data allows us to approach to solution of the problem of origin and subsequent evolution of magnetic fields of CP stars. Both competitive models of origin of stellar magnetic fields (dynamo and relic ones) explain only a part of observational data and face considerable difficulties in attempts to explain another part.

Our data support a hypothesis of relic origin of magnetic field of CP stars. It is witnessed by absence of strong relation between magnetic field and rotation velocity, by existing of strong magnetic fields in very slow rotators – stars with rotation periods of tens years, by the features of spatial orientation of magnetic axes of stars-members of clusters what indicate their collective origin and possible relation with local magnetic field of the Galaxy.

I.I. Romanyuk

ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ЗВЕЗД ЭКСТРЕМАЛЬНО ВЫСОКОЙ СВЕТИМОСТИ В ГАЛАКТИКЕ

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

В диссертации подведены итоги многолетних исследований сверхгигантов и гипергигантов Галактики, проводившихся в САО РАН с помощью 6-м и 1-м телескопов, причем основные результаты получены после оснащения этих телескопов эшелле-спектрографами с матрицами ПЗС.

Горячие звезды максимальных масс и светимостей интересны как:

- объекты на пределе возможности существования в качестве равновесных образований,
- поставщики в межзвездную среду тяжелых элементов и механической энергии,
- реперы, активно используемые в исследованиях строения и кинематики Галактики,
- индикаторы расстояний до других галактик.

Спектроскопией высокого разрешения ($15000 < R < 70000$) были охвачены 10 O, B, A-сверхгигантов и 7 гипергигантов спектральных классов B5–A3 (это все известные в настоящее время белые гипергиганты Галактики, доступные для 6-м телескопа САО).

Основные результаты работы.

- Разработана и внедрена методика анализа ПЗС-эшелле спектров, позволяющая получать лучевые скорости по отдельным деталям профилей с погрешностями 0.1–1 км/с. В частности, создана и апробирована система эффективных длин волн для ранних сверх- и гипергигантов.
- В ходе работы получено и обработано более 400 спектрограмм и около 200 ПЗС-спектров. Последние архивированы в виде спектральных атласов.
- По визуальным спутникам, принадлежности к звездным группировкам, инфракрасным эмиссиям в спектрах найдены лучевые скорости центров масс исследованных объектов, которые введены в качестве нуль-пунктов в системы скоростей, измеренных по различным спектральным деталям.
- Для сверхгигантов получены прямые спектроскопические свидетельства пульсаций и одновременного присутствия в их атмосферах восходящих и нисходящих потоков.
- В оптических спектрах сверх- и гипергигантов обнаружены дискретные ветровые абсорбции. Выявлена несферичность и нестационарность ветров, а также упрощение их геометрии и кинематики с ростом светимости.
- В спектрах гипергигантов 6 Cas A3 Ia-0, HD168607 B9 Ia-0, HD183143 B7 Ia-0 обнаружены продолжительные (до 200 дней) перемещения дискретных депрессий на широких ветровых абсорбциях, свидетельствующие о

OPTICAL SPECTROSCOPY OF STARS OF EXTREMELY HIGH LUMINOSITY IN THE GALAXY

A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics

The thesis summarizes the multiyear study of super and hyper giants of the Galaxy fulfilled in SAO with the 6 m and 1 m telescopes, the main results having been obtained after these telescopes were equipped with the CCD echelle spectrographs.

Hot stars of maximum mass and luminosity are of interest since:

- these objects are at an existence limit of equilibrium formations;
- they supply heavy elements and mechanical energy into interstellar medium;
- they are reference points when studying the structure and kinematics of the Galaxy;
- they indicate distance to other galaxies.

A high-resolution spectroscopy ($15000 < R < 70000$) covered 10 O, B, A super giants and 7 hyper giants of spectral classes B5–A3 (these are all presently known white hyper giants of the Galaxy accessible for the 6 m telescope).

Basic results of the work.

- A method was developed and implemented for analysis of CCD echelle spectra allowing us to obtain radial velocities with accuracy 0.1 – 1 km/s by individual profile components. In particular, a system of effective wave lengths for early super and hyper giants was created and proven.
- More than 400 spectrograms and about 200 CCD spectra were obtained and processed in the course of work.
- Visual satellites, membership in stellar groups, infrared emissions in spectra were used to find radial velocities of centers of mass in objects under investigation which are introduced as zero points in systems of velocities measured by various spectral details.
- Direct spectroscopic evidences of pulsations and simultaneous presence of ascending and descending currents in supergiant atmospheres were obtained.
- Discrete wind absorptions were detected in optical spectra of super and hypergiants. Nonsphericity and nonstationarity of winds were discovered as well as the fact that their geometry and kinematics become simpler as luminosity increases.
- In spectra of the hyper giants 6 Cas A3 Ia-0, HD168607 B9 Ia-0, HD183143 B7 Ia-0 the long-lasting (up to 200 days) migrations of discrete depressions in wide wind absorptions were detected what testifies to regular releases of envelopes or

регулярных выбросах оболочек или сгустков вещества. Этот эффект, известный у P Cyg и других голубых гипергигантов, оказывается типичным и для белых гипергигантов.

- Список белых гипергигантов Галактики пополнен двумя новыми: HD183143 и IRC+10420. К единственной LBV северного неба, P Cyg, добавлены два новых объекта: HD168607 и HD168625.
- Вскрыта проблема спектроскопической “мимикрии” звезд умеренной массы (post-AGB, B[e] и др.) под гипергигантов, приведены примеры ее разрешения.

Е. Л. Ченцов

РЕЗУЛЬТАТЫ И МЕТОДЫ НАБЛЮДАТЕЛЬНОЙ РАДИОКОСМОЛОГИИ

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация посвящена важнейшим направлениям современной наблюдательной космологии: исследованию микроволнового фонового (реликтового) излучения (РИ) и радиогалактик, а также методам анализа данных в этих областях.

В работе получены следующие основные результаты.

1. Проверена гауссовость карт РИ на полной сфере, построенных по данным спутника WMAP. На основании гипотезы о случайных фазах определена значимая негауссовость сигнала. С помощью фазового метода сигнал был разделен по различным диапазонам мультиполей и исследована их статистика.

2. Развита и применены методы фазового анализа, с использованием которых излучение неба разделено на два компонента: РИ и мешающее фоновое излучение неба. Используя корреляционные свойства фаз гармоник в различных каналах и факт, что РИ во всех каналах одинаковое, можно выделить этот сигнал, используя минимизацию невязок фаз. Показано наличие значимых корреляций между фазами выделенного сигнала и фоновых компонент (особенно для канала W эксперимента WMAP), что может быть индикатором возможной негауссовости, обусловленной методиками разделения компонент.

3. Разработаны новые методы пикселизации карт неба и применены при вычислении разложения сигнала по сферическим гармоникам. Новый подход ориентирован, прежде всего, на точность вычисления сферических гармоник при интегрировании по полярному углу с использованием квадратуры Гаусса. Для этого используются нули полиномов Лежандра в качестве центров пикселей в направлении полярного угла. На основании предложенной сетки вводится новая пикселизация неба – GLESP.

4. Для данных из разных популяций эллиптических

matter blobs. This effect known for P Cyg and other blue giants turned out to be typical for white hyper giants too.

- A list of white hyper giants is supplemented with two new ones: HD183143 and IRC+10420. Two new objects – HD168607 and HD168625 – were added to the only LBV of the northern sky P Cyg.
- A problem of spectroscopic “mimicry” of moderate-mass stars (post-AGB, B[e] and others) to hyper giants was revealed. The examples of its solution are given.

E.L. Chentsov

RESULTS AND METHODS OF OBSERVATIONAL RADIO COSMOLOGY

A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics

The thesis is dedicated to the most important directions of modern observational cosmology – the study of radio galaxies and the cosmic microwave background (CMB) radiation – and to methods of analysis of corresponding data.

The basic results obtained in this work are as follows:

1. The gaussianity of CMB radiation maps of the total sphere built by WMAP satellite data was tested. On the hypothesis about random phases a significant non-gaussianity of signal was determined. By the phase method the signal was divided into different ranges of multipoles. Their statistics was studied.

2. The methods of phase analysis were elaborated and applied to separate the sky radiation into two components: CMB radiation and an interfering background radiation of the sky. Using correlation features of harmonics phases in different channels and the fact that radiations in all channels are equal, it is possible to separate this signal by minimizing phase discrepancy. The presence of significant correlations between phases of the separated signal and background components was shown (especially for the W channel in the experiment WMAP) what can indicate a possible non-gaussianity caused by methods of the separating of components.

3. New methods for pixelization of sky maps were elaborated and applied in calculation of the signal expansion in spherical harmonics. The new approach is oriented first of all to precision of calculation of spherical harmonics when integrating over polar angle with the use of the Gaussian quadrature. To do this, zeros of Legendre polynoms are used as pixel centers in the direction of polar angle. A new pixelization of the sky - GLESP - is introduced on the basis of the proposed net.

4. For data from different populations of elliptic

галактик проведен анализ верхней границы возраста формирования звездных систем. По этим данным оценены границы определения космологических параметров: $H_0=71.5 \pm 10$, $\Omega_\Lambda = 0.8 \pm 0.1$ в модели GISSEL и $H_0 = 53.0 \pm 10$, $\Omega_\Lambda = 0.8 \pm 0.1$ в модели PEGASE. Показано, что фотометрические z для мощных радиогалактик дают удовлетворительное согласие со спектральными (ошибка 10-20%, с небольшой долей крупных ошибок).

5. С использованием FADPS и БД CATS, по результатам анализа трех обзоров неба (на РАТАН-600 в см диапазоне в 1995 г., декаметрового обзора на УТР и обзора IRAS в ИК-диапазоне) отождествлены более 2000 декаметровых источников. Построены новые каталоги радиогалактик, включающие новую выборку объектов с крутыми радиоспектрами. Исследована область обзора на Северном секторе РАТАН-600. Проведены отождествления с обзором DSS2 и классификация по морфологии и радиоспектрам. С помощью внутренней кросс-идентификации ИК каталогов IRAS и Техасского низкочастотного радиокаталога были получены списки объектов для дополнительных исследований. На РАТАН-600 были проведены их наблюдения для уточнения континуальных радиоспектров. Для некоторых были сняты оптические спектры на 2.1-м телескопе обсерватории им. Г.Харо в Кананеа. Результаты отождествлений показали, что примерно треть объектов из предложенной подвыборки являются взаимодействующими галактиками. Для ряда объектов были найдены оптические, инфракрасные и рентгеновские отождествления. Обнаружено, что медианная величина размера источника для объектов с крутыми спектрами ($\alpha < -0.9$) уменьшается с уменьшением α , но остается в пределах 10-30'.

6. Разработана система обработки FADPS континуальных радиоастрономических данных и программное обеспечение для анализа фоновых излучений на небесной сфере GLESP. Выработаны принципы построения гибкой системы обработки векторов данных, позволяющие свободно включать новые алгоритмы в модули системы обработки. Пользователь имеет возможность настраивать ее и создавать собственные пакеты. Реализованы графические интерактивные оболочки. FADPS взаимодействует с БД CATS. Для новой пикселизации неба GLESP разработано новое программное обеспечение в рамках FADPS с относительной точностью генерирования карты и разложения по сферическим функциям до 10^{-8} .

7. Разработаны новые методы и принципы построения астрофизических БД, реализованные в крупнейших в мире БД радиоастрономических каталогов CATS и спектров SEDs в диапазоне от УФ до ИК.

БД CATS имеет простую организацию, основанную на иерархической структуре хранения и описания данных и программ-функций, и не требует коммерческих продуктов СУБД. Она позволяет выполнять процедуры выборки и отождествления

galaxies, an analysis of the upper limit of formation age of stellar systems was carried out. By these data the determination limits of cosmological parameters were estimated: $H_0=71.5 \pm 10$, $\Omega_\Lambda = 0.8 \pm 0.1$ in the model GISSEL and $H_0 = 53.0 \pm 10$, $\Omega_\Lambda = 0.8 \pm 0.1$ in the model PEGASE. It was shown that photometric red shifts for powerful radio galaxies give a satisfactory agreement with spectral ones (the error is 10-20% with a small portion of large errors).

5. More than 2000 decameter sources were identified with the use of FADPS and the data base CATS by results of analysis of three sky surveys (with RATAN-600 in the centimeter wave band in 1995, the decameter survey with the radio telescope UTR and the IR survey IRAS). New catalogues of radio galaxies were compiled including a new sample of objects with steep radio spectra. A region surveyed with the RATAN-600 northern sector was studied. Identification with the DSS2 survey and classification according to morphology and radio spectra were carried out. With the help of internal cross-identification of the infra red catalogues IRAS and the Texas low-frequency radio catalogue, list of objects for further investigation were obtained. To make their continuum radio spectra more precise they were observed with RATAN-600. Optical spectra of some of them were taken with the 2.1 m telescope of the G. Haro Observatory in Cananea. Results of identification showed that about a third of objects of the proposed subsample are the interacting galaxies. Optical, IR and X-ray identifications were found for a number of them. It was found out that the median value of source size for objects with steep spectra ($\alpha < -0.9$) decreases as α decreases but remaining within 10-30'.

6. A system for processing continuum radio astronomical data (FADPS) and software for analysis of background radiations in the sky sphere (GLESP) were developed. Principles of building a flexible system of the processing of data vectors were elaborated which permit free inclusion of new algorithms into modules of the processing system. A user can adjust it and create his personal packets. A graphic interface was implemented. FADPS interacts with the data base CATS. For a new pixelisation of the sky GLESP, a new software within the framework of FADPS was implemented with a relative precision of generation of map and expansion by spherical functions up to 10^{-8} .

7. New methods and principles of building of astrophysical data bases were elaborated and implemented in the world largest data bases of radio astronomical catalogues CATS and spectra SEDs in the range from UV to IR.

The data base CATS does not demand commercial DBMS products. It has a simple architecture based on hierarchical structure of storage and description of data and program-functions. It allows fulfilling procedures of sampling and identification of sources in different lists

источников среди разнообразных списков объектов. Имеются широкие возможности доступа и исследования статистических свойств объектов.

БД SEDs позволяет оценивать красные смещения и возрасты галактик по наблюдательным фотометрическим данным путем оптимального выбора эволюционных моделей спектров и типов галактик с помощью построения трехмерной функции правдоподобия. При работе система моделирует наблюдательные характеристики с учетом формы кривой пропускания фильтров, что позволяет более точно оценивать потоки и K-поправки.

О.В. Верходанов

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЙ НА АПП И ИССЛЕДОВАНИЕ СИНХРОННЫХ УЯРЧЕНИЙ ИСТОЧНИКОВ СОЛНЕЧНОГО РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА РАТАН-600

Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук

При создании радиотелескопов с большими фокусирующими поверхностями для см и прилежащих к нему диапазонов длин волн необходимо формирование гигантской отражающей поверхности заданной формы и её сохранение с точностью до малых долей мм. Радиотелескопы БПР и РАТАН-600 являются антеннами переменного профиля (АПП). В связи с расчленённостью фокусирующей поверхности АПП на отдельные малые по площади независимо управляемые отражающие элементы возникла необходимость не только юстировки каждого отражающего элемента по трём координатам, но и построения и контроля всей поверхности с большими размерами в целом.

Наиболее важные результаты, представленные в диссертации:

1. Разработаны и реализованы методы радиоастрономических юстировок крупнейших радиотелескопов рефлекторного типа с АПП: БПР и РАТАН-600. В условиях, близких к условиям реальных наблюдений, реализовано определение исходных положений отражающих элементов по азимуту, углу места и радиусу с точностью, равной десятым долям мм. Исключены кинематические ошибки, возникающие при наклонном положении отражающих элементов, а также исключено влияние неточности установки и качества поверхности вторичного отражателя. В результате, единая отражающая поверхность главного зеркала антенны, апертура которой превосходит в десятки тысяч раз минимальную длину волны наблюдения, формируется с относительной точностью взаимной привязки отражающих элементов в радиальном направлении равной 10^{-6} .

2. Разработаны и внедрены в практику работы РАТАН-600 специальные методы наблюдений

of objects. There are ample opportunities for access and study of statistical properties of objects.

The data base SEDs permits estimation of galaxy red shifts and ages using observational photometrical data by an optimal choice of evolution models of spectra and galaxy types by building a three-dimension likelihood function. The system simulates observational characteristics subject to filter transmission curve shape what permits a more precise estimation of fluxes and K corrections.

O.V. Verkhodanov

SPECIAL METHODS OF OBSERVATIONS WITH VARIABLE-PROFILE ANTENNAS AND INVESTIGATION OF SYNCHRONOUS INCREASE OF BRIGHTNESS IN SOURCES OF SOLAR RADIO EMISSION WITH RATAN-600.

A thesis for the degree of Doctor of Science in physics and mathematics

When creating radio telescopes with big focusing surfaces for cm wavelengths and adjacent ranges it is necessary to produce a huge reflecting surface of a given form keeping precision within small parts of mm. The radio telescopes BPR (Big Pulkovo Radiotelescope) and RATAN-600 are variable-profile antennas (VPAs). Since the VPA focusing surface is divided into small reflecting elements controlled independently, a necessity arose not only to align each reflecting element in three coordinates, but also to build and control the total large surface as a whole.

The most important results presented in the thesis:

1. Methods of radio astronomical alignment of the largest radio telescopes of reflector type with VAP – BPR and RATAN-600 – were elaborated and implemented. In conditions close to conditions of real observation a determination of initial position of reflecting elements in azimuth, elevation and radius to within accuracy of tenths of mm was implemented. Kinematical errors arising when reflecting elements are inclined were eliminated as well as the influence of the set inaccuracy and of the secondary-reflector surface quality. As a result, the unified reflecting surface of the main mirror of antenna with aperture exceeding the minimum observational wavelength tens thousand times is formed to a relative precision of mutual affixment of reflecting elements in radial direction equal to 10^{-6} .

2. Special new observational methods “relay” and “relay with zoning” were elaborated and introduced into

«эстафеты» и «эстафеты с зонированием», которые позволяют в широком диапазоне длин волн (1-30 см) проводить мониторинг Солнца (в течение 10-15 часов), получать многочастотные двухмерные радио изображения Солнца с пространственным разрешением угловые минуты - десятки секунд.

Особенности конструкции РАТАН-600 позволяют сопровождать источники космического радиоизлучения при помощи перемещения по трём координатам отражающих элементов, формирующих рабочую часть антенны, поверхность которой последовательно перемещается по кольцу главного зеркала в соответствии с азимутом наблюдаемого источника. Протяжённость апертуры рабочей части антенны в горизонтальном направлении при наблюдении методом «эстафеты» равна 64 – 92 м. Для увеличения этой величины до 600 м и сокращения времени между последовательными наблюдениями источника до 2-3 минут разработан метод «эстафеты с зонированием». Достигнутая высокая точность (десятые доли мм) на масштабах в сотни и тысячи квадратных метров формируемой отражающей поверхности позволяет сохранить пространственно-временную когерентность принимаемых сигналов космического источника.

3. Предложен и реализован метод «экспресс-контроля», позволяющий с точностью 1' контролировать наведение центра диаграммы направленности антенны по углу места во время наблюдений радиоизлучения Солнца, а также восстанавливать его положение в уже проведенных наблюдениях.

4. Разработан и реализован способ построения двухмерного радиоизображения Солнца на РАТАН-600 методом последовательного азимутального апертурного синтеза с использованием наблюдений в режиме «эстафеты с зонированием» и вторичного отражателя с конической поверхностью. Изображение на волне 8.01 см имеет пространственное разрешение $\theta_{0.5} = 47 \times 168''$.

5. Показано, что синхронные уярчения источников солнечного микроволнового радиоизлучения (симпатические всплески), удалённых друг от друга на расстояния вплоть до $L > 10^5$ км, регистрируются во время микроволновых всплесков различных типов и/или при повышении интегрального потока мягкого рентгеновского излучения.

6. Обнаружены линейно коррелированные крупномасштабные (на интервалах времени 2-4 часа наблюдений) временные компоненты динамики изменения относительных потоков источников солнечного радиоизлучения, удалённых друг от друга на расстояния вплоть до значений $> 10^5$ км.

7. Определены нижние границы скорости возмущающих агентов $V = (0.3 - 10) \cdot 10^3$ км/с и $V \geq 10^4$ км/с соответственно для двух различных механизмов синхронных уярчений источников солнечного радиоизлучения в узком спектральном диапазоне длин волн (1.92 – 4.5 см) – влияние волновых фронтов и высокоэнергичных электронов,

the RATAN-600 operation. They allow monitoring the Sun during 10-15 hours within a wide wavelength range (1-30 cm) and obtaining multi-frequency two-dimensional radio images of the Sun with spatial resolution of angular minutes or tens of angular seconds.

RATAN-600 construction features permit tracking sources of cosmic radio emission by moving in three coordinates reflecting elements forming an operative part of the antenna the surface of which shifts sequentially along the ring of the main mirror according to azimuth of an observed object. A horizontal length of aperture of the operative antenna part is equal to 64 – 92 m when observing by the “relay” method. To increase this value to 600 m and to reduce time between consecutive observations of a source to 2 – 3 minutes the method of “relay with zoning” was elaborated. An achieved high precision (tenths of mm) at scales of hundreds and thousands square meters of formed reflecting surface allows keeping a time-spatial coherence of signals received from a cosmic source.

3. A method of “express control” was elaborated and implemented. It enables one to control a pointing of the antenna beam center to within 1' in elevation during observations of radio emission of the Sun and to restore its position in observations which were carried out already.

4. A way was elaborated and implemented to build a two-dimension radio image of the Sun with RATAN-600 by a method of consecutive azimuth aperture synthesis with the use of the “relay with zoning” mode and of the secondary reflector with a conic surface. Spatial resolution of the image at a wave of 8.01 cm is $\theta_{0.5} = 47 \times 168''$.

5. It was shown that synchronous increase of brightness in sources of microwave solar radio emission (sympathetic flares) separated by distances up to $L > 10^5$ km are registered during microwave flares of different types and/or when integral flux of soft X-ray radiation increases.

6. Linearly correlated large-scale (on the time intervals of 2-4 hours of observations) time components in dynamics of changes in relative fluxes of solar radio emission sources separated by distances up to 10^5 km were detected.

7. Lower limits of velocities of disturbing agents were determined as $V = (0.3 - 10) \cdot 10^3$ km/s and $V \geq 10^4$ km/s for two different mechanisms of synchronous brightening of sources of solar radio emission respectively in a narrow wavelength range (1.92 – 4.5 cm). This is influence of wave fronts and high-energy electrons propagating from a place of the

распространяющихся от места первичного всплеска.

Радиоастрономический метод юстировки по Солнцу в течение многих лет использовался как единственный на БПР, способствовал исследованию параметров РАТАН-600 и развитию других методов юстировок, явился базой для развития специальных методов наблюдений на РАТАН-600.

О.А. Голубчина

ЗВЕЗДНОЕ НАСЕЛЕНИЕ ПЕРЕФЕРИИ ДИСКОВЫХ ГАЛАКТИК

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Современные теории происхождения и эволюции галактик имеют недостаточную наблюдательную основу, чтобы объяснить существование многокомпонентной звездной структуры галактик (балдж, тонкий и толстый диски и гало). Поэтому, в первую очередь, необходимо увеличение наблюдательной информации. Особый интерес представляет периферия галактик, где наблюдаются протяженные звездные структуры, толстый диск и гало, состоящие из старых звезд с малой металличностью и несущие информацию о первичных этапах эволюции галактик. Диссертационная работа направлена на исследование в дисковых галактиках таких протяженных звездных подсистем.

На основе звездной фотометрии 18 спиральных и иррегулярных галактик разной светимости, лежащих за пределами Местной группы, было выделено звездное население разного возраста и определены параметры его пространственного распределения в галактиках.

При работе был использован метод непосредственного подсчета звезд разного возраста, что позволило повысить предел регистрации слабых частей галактик, по сравнению с методом поверхностной фотометрии.

При исследовании звездных структур иррегулярных и спиральных галактик были получены следующие результаты:

1) Впервые исследованы глобальные звездные подсистемы у спиральных галактик за пределами Местной группы. В спиральных и иррегулярных галактиках разной светимости найдены толстые диски, состоящие из старых звезд – красных гигантов. В тех спиральных галактиках, где имелись условия для поиска, были открыты и протяженные гало, также состоящие из старых звезд.

2) Определено, что изменение численной плотности красных гигантов и звезд асимптотической ветви гигантов толстого диска и, вероятно, гало вдоль радиуса галактики следуют экспоненциальному закону.

3) Найдено, что градиенты падения численной плотности звезд вдоль радиуса галактики зависят от возраста звезд. Более молодые звезды имеют

primary flare.

The radio astronomical method of alignment by the Sun that was used during many years as a unique one at the BPR contributed to investigation of RATAN-600 parameters and to development of other methods of alignment. It was a base for development of special observational methods at RATAN-600.

O.A. Golubchina

STELLAR POPULATION IN PERIPHERY OF DISK GALAXIES

A thesis for the degree of Candidate of Science (PhD) in physics and mathematics

An observational base of modern theories of origin and evolution of galaxies is not sufficient to explain a multi-component stellar structure of galaxies (a bulge, thick and thin disks and a halo). So, first of all it is necessary to increase observational information. Of special interest is a galaxy periphery where we observe extended stellar structures, a thick disk and halo consisting of low-metallicity old stars and carrying information on initial stages of galaxy evolution. The thesis is aimed at studying such extended stellar subsystems in disk galaxies.

A stellar population of different age was selected and parameters of its spatial distribution in galaxies were determined on the basis of stellar photometry of 18 spiral and irregular galaxies of various luminosity.

A method of direct count of different-age stars was used what permitted to improve a registration limit of faint parts of galaxies in comparison with the surface photometry method.

In studying stellar structures of irregular and spiral galaxies the following results were obtained:

1) Global stellar subsystems in spiral galaxies outside the Local Group were investigated for the first time. Thick disks consisting of old stars – red giants were detected in spiral and irregular galaxies of various luminosities. Extended halos consisting of old stars were also discovered in those spiral galaxies where there were conditions for search.

2) It was determined that the number density of red giants and stars of the asymptotic branch of giants in the thick disk and probably in halo along the galaxy radius follows an exponential law.

3) It was found out that the drop gradient of number density of stars along the galaxy radius depends on star age. The density decrease gradient of younger stars is

больший градиент падения плотности, по сравнению со старыми звездами.

4) Впервые найдено, что градиенты численной плотности красных гигантов толстого диска и гало имеют разные значения, что использовано нами для определения границы между названными звездными подсистемами.

5) Впервые определен размер звездного гало спиральных галактик. Оказалось, что оно в 2-3 раза превышает размер толстого диска. Показано, что гало имеет сплюснутую у полюсов галактик форму.

Принимая во внимание случайный выбор галактик, можно с большой вероятностью считать, что толстые диски и гало, состоящие из старых звезд, являются составной частью всех спиральных галактик.

О.А. Галазутдинова

РАДИОТЕЛЕСКОП РАТАН-600 В РЕЖИМЕ РАДИОГЕЛИОГРАФА

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация посвящена решению проблемы двухмерного картографирования Солнца и других радиоисточников на РАТАН-600. В ней исследуется принципиально новый способ работы радиотелескопа, в котором за счет нарушения равенства хода лучей в антенной системе, несинфазного облучения главного зеркала и частотного сканирования источника удается получать изображения источников с максимально возможным для РАТАН-600 пространственным и временным разрешением одновременно на всех волнах рабочего диапазона телескопа.

Режим радиогелиографа был предложен ранее другими авторами, однако детально не исследовался. В данной работе было получено представление обо всех основных составляющих процесса построения изображений данным методом. Исследование режима радиогелиографа проводилось с помощью компьютерного моделирования с последующей экспериментальной проверкой полученных результатов.

Основные результаты диссертационной работы:

- На примере РАТАН-600 исследован новый способ построения изображений, сочетающий в себе частотное сканирование и использование несинфазного облучения антенны.
- Создана компьютерная модель радиогелиографа РАТАН-600, позволяющая рассчитывать большое число разнообразных установок антенны и соответствующих им диаграмм направленности, оценивать их характеристики, имитировать наблюдения и восстанавливать изображения радиоисточников. Разработанный пакет программ может применяться также для проведения и обработки наблюдений.
- С помощью моделирования проанализированы

steeper than that of older stars.

4) It was first detected that the gradient of number density of red giants in the thick disk differs from that of halo what was used to determine a boundary between those stellar subsystems.

5) A size of stellar halo in spiral galaxies was first determined. It turned out to exceed the size of thick disk 2-3 times. It was shown that the halo shape is oblate at galaxy poles.

Taking into account a random choice of galaxies it may be considered with high probability that the thick disks and halo consisting of old stars are components of all spiral galaxies.

O.A. Galazutdinova

RADIO TELESCOPE RATAN-600 IN THE RADIO HELIOGRAPH MODE

A thesis for the degree of Candidate of Science (PhD) in physics and mathematics

The thesis is dedicated to solution of a problem of 2D mapping of the Sun and other radio sources with RATAN-600. It considers a radically new method of the radio telescope work in which the source images are simultaneously obtained at all wavelengths of the radio telescope working range with a RATAN-600 maximum possible spatial and temporal resolution at the expense of breaking equality of ray paths in the antenna system, an out-of-phase illumination of the main mirror, and the frequency scanning of a source.

The radio heliograph mode was suggested earlier by other authors, but it was not investigated. In this work a notion about all basic components of the process of mapping by this method was obtained. The study of the radio heliograph mode was carried out by computer modeling with subsequent experimental testing of obtained results.

The main results of the thesis are as follows:

- By the example of RATAN-600 a new method of constructing images was investigated. It combines a frequency scanning and the use of out-of-phase illumination of antenna.
- A computer model of the RATAN-600 radio heliograph was built. It permits to calculate a lot of various antenna settings and their corresponding beam patterns, to estimate their characteristics, to simulate observations and restore radio source images. A developed software package can be applied to fulfill and process observations.
- Parameters of different antenna settings and beam

параметры различных установок антенны и характеристики диаграмм направленности. Подробно рассмотрена зависимость количества элементов в установках от положения источника и фокуса для разных моделей антенны. Показано, что в наблюдениях Солнца может быть использовано более двух третей поверхности кругового отражателя. Для диаграмм направленности при различных вариантах распределения фазы поля в апертуре сделаны оценки амплитуды лепестков, величины поля зрения, корреляционных характеристик. Обоснованы простые способы оценки ширины полосы частот и расстояния между каналами радиометра, позволяющие вычислить эти величины для большого числа различных установок и выбирать наиболее подходящие для наблюдений. Показано, что обычные ошибки в установке антенны не будут заметно искажать асинфазные диаграммы при наблюдениях на см волнах.

- На основе анализа зависимости фазовой функций поля от координат в апертуре рассмотрены изменения диаграмм направленности радиогелиографа с частотой. Показано, что в установках с большой разностью хода тип таких изменений не зависит от фазового распределения на основной частоте и определяется геометрией установки (положением фокуса, расположением щитов). Выделены установки с линейной абберационной функцией, в которых форма диаграмм направленности не меняется с частотой. Внимание к таким установкам связано с тем, что, во-первых, появляется возможность свести задачу построения изображения к пространственно-инвариантной и упростить обработку, и, во-вторых, некоторые из таких установок непригодны для получения изображений и их следует избегать.
- Исследовано качество восстановления модельных изображений с помощью метода максимальной энтропии и корреляционного метода. Показано, что для радиогелиографа метод максимальной энтропии дает более качественные результаты и его можно использовать для любых вариантов картографирования в режиме радиогелиографа. Он позволяет получить удовлетворительные результаты при малом отношении сигнал/шум (~ 1) и неполном наборе исходных данных.
- Проведены первые наблюдения Солнца и других радиоисточников в режиме радиогелиографа. Подтверждена возможность быстрого получения изображений с помощью данного метода и на примере околозенитных источников показано соответствие наиболее мощных лепестков расчетных и наблюдаемых диаграмм направленности как для синфазного, так и для асинфазного способа наблюдений.

Л.В. Опейкина

pattern characteristics were analyzed by modeling. A dependence of the number of elements in settings on the source position and focus was considered in detail for different antenna models. It was shown that more than two thirds of the circular reflector's surface can be used in observations of the Sun. The lobe amplitudes, viewing fields and correlation parameters were estimated for beam patterns at different variants of field phase distribution in aperture. Simple ways to estimate the frequency band width and distance between radiometer channels were justified. They permits to calculate these values for a big number of different settings and to choose the most appropriate for observations. It was shown that usual errors in antenna setting would not noticeably distort out-of-phase beam patterns in observations at centimeter wavelengths.

- Frequency-variations of the radio heliograph beam pattern were considered on a basis of dependence between the field phase function and aperture coordinates. It was shown that in settings with big path-length differences the type of such variations does not depend on phase distribution at a basic frequency and is determined by the setting geometry (a focus position, a distribution of panels). The settings with a linear aberration function were found in which the beam pattern is not frequency-depending. An attention to such settings is related to the fact that, first, a possibility arises to reduce a problem of image construction to a spatially invariant one and to simplify the processing and, second, some of such settings are unsuitable for obtaining images and they should be avoided.
- A quality of model image restoration was investigated by a maximum entropy method and by a correlation method. It was shown that for the radio heliograph the maximum entropy method gives more high-quality results and it can be used for any variants of mapping in the radio heliograph mode. It permits to obtains satisfying results at a small signal-to-noise ratio (~ 1) and incomplete set of initial data.
- The first observations of the Sun and other radio sources were fulfilled in the radio heliograph mode. A possibility of the fast obtaining of images with this method was confirmed. An agreement between the most powerful lobes of calculated and observed beam patterns was shown by an example of near-zenith sources for both in-phase and out-of-phase observational modes.

L.V. Opeikina