

ТЕЗИСЫ ДИССЕРТАЦИЙ

Кратность близких звезд гало и толстого диска

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертационная работа посвящена изучению двойных и кратных звезд населения II типа, находящихся недалеко от Солнца. Исследование низкометаллических звезд ($[Fe/H] < -1$) позволяет пролить свет на многие проблемы современной астрофизики, из которых можно выделить производство тяжелых элементов при взрывах сверхновых, функцию распределения металличности звездного гало, первичную функцию масс, природу первичных звезд (население III типа) и т.д. Важную нишу среди них занимают вопросы происхождения и эволюции (химической и динамической) нашей Галактики. Самые старые звезды с массами $\sim 0.8 M_{\odot}$ не успели проэволюционировать за время существования Галактики, и содержание химических элементов в их атмосферах отражает состав протозвездного вещества.

Информация о пространственном движении этих звезд позволяет восстановить картину формирования Млечного Пути. В отличие от одиночных звезд двойные и кратные системы, кроме массы, обладают еще тремя величинами: угловым моментом, эксцентриситетом и соотношением масс компонентов. Таким образом, они несут больше информации о процессе звездообразования. Изучение двойных и кратных низкометаллических систем позволяет наложить ограничения на физические условия в протозвездном веществе в момент зарождения нашей Галактики.

Основные результаты диссертации:

- определена доля двойных и кратных систем в выборке 223 звезд гало и толстого диска в окрестности Солнца (< 250 пк) путем комбинирования данных спектральных и визуальных наблюдений, а также спеклинтерферометрических наблюдений на БТА. Соотношение одиночных, двойных, тройных и четверных систем среди 221 главного компонента выборки составляет 147:64:9:1;
- показано, что для двойных и кратных субкарликов распределение орбитальных периодов в диапазоне до $P = 10^{10}$ дней асимметрично и имеет максимум в области $P = 10^2 - 10^3$ дней, что отличается от распределений, полученных для G-карликов тонкого диска;
- отношение масс компонентов $q = M_2/M_1$ в двойных системах нашей выборки звезд населения II типа напоминает равномерное в

THESES REVIEW

Multiplicity of Nearby Stars of the Halo and Thick Disk

Thesis for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences

The thesis is devoted to the study of double and multiple Population II stars located in the vicinity of the Sun (< 250 pc). The study of metal-poor stars ($[Fe/H] < -1$) allows to shed light on numerous problems of modern astrophysics, namely, production of heavy elements in supernova explosions, metallicity distribution function of the stellar halo, the primary mass function, the nature of primordial stars (Population III type), etc. An important niche among these problems is occupied by the questions on the origin and evolution (chemical and dynamical) of our Galaxy. The oldest stars with masses $\sim 0.8 M_{\odot}$ have not evolved during the existence of the Galaxy and the abundance of chemical elements in their atmospheres reflects the composition of protostellar matter.

The data on the spatial motion of these stars allow to reconstruct the scheme of formation of the Milky Way. In contrast to the single stars, the binary and multiple systems, except for masses, have three more values: the angular momentum, eccentricity and component mass ratio. Thereby they carry more information about the processes of star formation. The study of single and multiple metal-poor systems allows imposing the constraints on the physical conditions in the protostellar matter at the moment of origin of our Galaxy.

The main results of the thesis:

- the rate of double and multiple systems in the sample of 223 stars in the halo and thick disk in the solar neighborhood was determined via combining the data from spectral and visual observations, as well as speckle interferometric observations at the BTA. The rate of single, double, triple and quadruple systems among for 221 main components of the sample amounts to 147:64:9:1;
- it was demonstrated that for double and multiple subdwarfs the distribution of orbital periods in the range of $P = 10^{10}$ days is asymmetric and has a maximum within the range of $P = 10^2 - 10^3$ days, and differs from similar distributions obtained for the G dwarfs in the thin disk;
- the component mass ratio $q = M_2/M_1$ in the binary systems of our sample of Population II stars is close to uniform in the range $q = 0.2 - 1$, and differs from

диапазоне $q = 0.2-1$ и отличается от соответствующих распределений для звезд населения I типа, имеющих рост в сторону меньших q ;

- на основании сопоставления результатов обзора с данными наблюдений шаровых скоплений сделан вывод о том, что наиболее вероятными механизмами образования звезд гало являются аккреция карликовых галактик и формирование субкарликов гало внутри самой Галактики;
- определены физические характеристики уникальной квадрупольной системы G89-14 с $[m/H] = -1.9$: массы компонент, соотношения орбитальных периодов подсистем.

Д.А. Растегаев

Исследование физических параметров и кинематики выборки новых магнитных химически пекулярных звезд

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Диссертация посвящена комплексному изучению химически пекулярных (CP) звезд, магнитные поля которых впервые были обнаружены на 6-м телескопе. Сведения о магнетизме CP-звезд, имеющих разные возрасты, массы, скорости вращения, химический состав и их расположение в локальной области Галактики являются важным звеном в изучении процессов, протекающих в атмосферах горячих звезд верхней части Главной последовательности.

Основные результаты диссертации:

- для 32 магнитных звезд выполнены измерения лучевых скоростей и скоростей вращения (БТА/НЭС);
- методом моделирования синтетических спектров исследованы факторы, влияющие на точность измерения продольного магнитного поля. Это позволило выработать методологические рекомендации по устранению в стандартных методах измерения систематических ошибок, возникающих из-за недостаточного учета асимметрии спектральных линий;
- представлены результаты анализа пространственного распределения, кинематики и параметров вращения выборки магнитных CP-звезд. Показано, что вновь открытые более слабые и удаленные объекты этого типа по кинематике не отличаются от нормальных звезд той же температуры, а по вращению – от известных магнитных звезд;
- выполнено детальное изучение физических параметров и магнитного поля двух уникальных CP-звезд. На поверхности холодной ($T_{\text{eff}} = 7700^{\circ}\text{K}$) CP-звезды HD 178892 найдено рекордно сильное магнитное поле величиной

similar distributions of the stellar Population I having the growth towards smaller q ;

- based on a comparison of survey results with the data from observations of globular clusters, it was concluded that the most probable formation mechanism of halo stars is the accretion of dwarf galaxies, and formation of halo subdwarfs inside the Galaxy itself;
- we estimated the physical characteristics of the unique quadruple system G89-14 with $[m/H] = -1.9$: the component masses, the ratio of the orbital periods of subsystems.

D.A. Rastegaev

Investigation of Physical Parameters and Kinematics of a Sample of New Magnetic Chemically Peculiar Stars

Thesis for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences

The thesis is devoted to a comprehensive study of chemically peculiar (CP) stars, the magnetic fields of which were first detected with the 6-m telescope. The data on the magnetism of CP-stars with different ages, masses, velocities, chemical compositions, and their location in the local region of the Galaxy are an important element in studying the processes taking place in the atmospheres of hot stars from the top of the Main Sequence.

The main results of the thesis:

- radial velocities and rotational velocities were obtained for 32 magnetic stars (BTA/NES);
- using the method for modeling the synthetic spectra we investigated the factors influencing the accuracy of the longitudinal magnetic field measurements. On this basis a technique was elaborated to eliminate the systematic errors that arise due to inadequate accounting for the asymmetry of spectral lines;
- an analysis of the spatial distribution, kinematics and rotation parameters of a sample of magnetic CP stars was performed. It was found that the weaker and more distant objects in the sample that we found, do not differ from normal stars of the same temperature in kinematics, and neither do they differ from the known magnetic stars in their rotation;
- a detailed study of the magnetic fields of two unique CP-stars was carried out. On the surface of a cold ($T_{\text{eff}} = 7700^{\circ}\text{K}$) CP star HD 178892 an extremely strong magnetic field with the strength of 23 kG was detected. A complex structure of the magnetic field of

23 кГс. Показан сложный характер строения магнитного поля горячей ($T_{\text{eff}} = 13000^{\circ}\text{K}$) молодой звезды HD 45583, которое имеет выраженную мультипольную структуру;

- проведен детальный анализ химического состава звезд HD 178892, HD 115708 и HD 45583. Установлено, что степень аномалий содержания химических элементов в атмосферах HD 178892 и HD 115708, имеющих близкие температуры, но сильно различающиеся магнитные поля, практически одинакова. В атмосфере звезды HD 115708 обнаружено и исследовано стратифицированное распределение химических элементов с глубиной;
- показано, что химический состав звезды HD 45583, меняется с фазой вращения, что говорит о неравномерном распределении химических элементов по поверхности звезды.

Е.А. Семенко

Исследование полной выборки внегалактических радиоисточников вблизи Северного полюса мира на РАТАН-600

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Работа посвящена исследованию долговременной (в течение года) и быстрой переменности (несколько дней) излучения выборки радиоисточников с плоскими спектрами по данным многочастотного обзора, проведенного на РАТАН-600. В обзор вошла полная по плотности потока ($S_{1.4\text{ГГц}} \geq 200$ мЯн) выборка из 504 галактик и квазаров в слабо изученной области северного неба ($00^{\text{h}} \leq \text{RA} \leq 24^{\text{h}}$; $75^{\circ} \leq \delta \leq 88^{\circ}$). Получен каталог и мгновенные радиоспектры объектов на 6 частотах в диапазоне 1-22 ГГц.

Выполнен статистический анализ спектральных свойств радиоисточников обзора. 11% из них (51 объект) являются источниками с плоскими спектрами ($\alpha \geq -0.5$, $F_{\nu} \sim \nu^{\alpha}$), 65% - источники с нормальными спектрами ($-1.1 < \alpha < -0.5$), а остальные 24% имеют крутые спектры ($\alpha \leq -1.1$).

С помощью базы данных NED проведена кросс-идентификация 504 радиоисточников обзора с объектами в оптическом диапазоне. Для 73% радиоисточников не обнаружено оптических отождествлений, 22% объектов отождествлены с галактиками ($Z_{\text{mean}} = 0.32$), а остальные 5% - с квазарами ($Z_{\text{mean}} = 1.13$).

Исследована долговременная переменность выборки объектов с плоскими спектрами с привлечением данных 1999 г. Оказалось, что в выборке преобладают источники, спектральная плотность потока которых описывается степенным

a hot ($T_{\text{eff}} = 13000^{\circ}\text{K}$) and young star HD 45583 is demonstrated, having a pronounced multipole structure;

- a detailed analysis of the chemical composition of the stars HD 178892, HD 115708 and HD 45583 was completed. It was found that the chemical composition of the atmospheres of stars HD 178892 and HD 115708 has similar anomalies, despite very different magnetic fields, but similar temperatures. In the atmosphere of the star HD 115708, a stratification of chemical elements with depth was detected;
- it was found that the chemical composition of the star HD 45583 varies with the phase of rotation, indicating inhomogeneous distribution of chemical elements over the surface of this star.

Е.А. Семенко

Investigation of a Full Sample of Extragalactic Radio Sources Near the North Celestial Pole with the RATAN-600

Thesis for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences

The thesis is devoted to the study of long-term (one year) and rapid (several days) variability of radiation of a sample of radio sources with flat spectra according to the data of the multifrequency survey conducted with the RATAN-600. The survey covers a complete in the flux density ($S_{1.4\text{GHz}} \geq 200$ mJy) sample of 504 galaxies and quasars in a poorly investigated area of the northern sky ($00^{\text{h}} \leq \text{RA} \leq 24^{\text{h}}$; $75^{\circ} \leq \delta \leq 88^{\circ}$). A catalog and instantaneous radiospectra of objects at 6 frequencies in the range of 1-22 GHz was compiled.

A statistical analysis of the spectral characteristics of the survey radio sources was made. Eleven per cent of them (51 objects) are the sources with flat spectra ($\alpha \geq -0.5$, $F_{\nu} \sim \nu^{\alpha}$), 65% are the sources with normal spectra ($-1.1 < \alpha < -0.5$), while the remaining 24% have steep spectra ($\alpha \leq -1.1$).

With the aid of the cross-identification service of the NED database, an optical identification of radio sources of the survey was done. For 73% of objects no identifications were found, 22% of objects are identified with galaxies ($Z_{\text{mean}} = 0.32$), while the remaining 5% - with quasars ($Z_{\text{mean}} = 1.13$).

Long-term variability of the sample of objects with flat spectra was investigated with the use of 1999 data. It was found that it is dominated by the sources, the spectral flux density of which is described by a power law and decreases with frequency. The studies have

законом и убывает с частотой. Исследования выявили 46% источников с переменностью плотности потока от 30% и выше (по уровню 5σ) на 3-4 частотах (21.7, 11.2, 7.7 и 4.8 ГГц). Средний индекс переменности для объектов растет слабо как с частотой (уровень – 0.3-0.5 в диапазоне частот 4.8-21.7 ГГц), так и со спектральным индексом. По анализу многочастотных радиоспектров и долговременной переменности обнаружено 4 кандидата в GPS-источники (Gigahertz-Peaked Spectrum): J0626+82, J0726+79, J1823+79 и J1935+81.

По ежедневным наблюдениям в августе 2007 г. впервые обнаружена быстрая переменность малоизученного объекта типа BL Lac J2022+76. По наблюдениям на 2.7, 3.9 и 6.2 см спектральная плотность потока объекта менялась на 20-30% за время от нескольких суток до месяца. Амплитуда переменности источника уменьшается с ростом частоты, что вместе с корреляции изменений потока на разных частотах может указывать на внешние причины переменности.

Ю.В. Сотникова

Исследование некоторых фоновых составляющих радиоизлучения Вселенной в наземных наблюдениях реликтового фона

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Работа посвящена исследованию космических фоновых излучений, мешающих исследованию реликтового фона (РИ). Из-за малой величины флуктуаций РИ исключительное значение приобретает проблема учета других фоновых радиоизлучений. Фон Галактика и шум фоновых радиоисточников практически не исследованы в коротком сантиметровом и миллиметровом диапазоне длин волн.

Мешающим фоновым излучением также является шум заряженных макромолекул в диапазоне λ 1-3 см. Возможность учета фона в этом диапазоне опирается на существенное различие зависимости яркости мешающих фоновых компонентов от частоты.

Данные работы проводились в рамках проекта «Генетический Код Вселенной» на радиотелескопе РАТАН-600. Цели и задачи исследования:

- оценка атмосферного шума, как основного источника помех в изучении реликтового излучения наземными средствами;
- оценка вклада дипольного излучения макромолекул («spinning dust») в сантиметровом диапазоне волн по измерению поляризации пылевого облака в созвездии Персея;
- исследование синхротронного излучения

identified 46% of sources with the variability of the flux density from 30% and higher (by the level of 5σ) at 3-4 frequencies (21.7, 11.2, 7.7 and 4.8 GHz).

The mean variability index of objects increases slightly both with the frequency (level - 0.3-0.5 in the frequency range of 4.8-21.7 GHz) and with the spectral index.

Four GPS source (Gigahertz-Peaked Spectrum) candidates: J0626+82, J0726+79, J1823 +79 and J1935+81 were discovered from the shapes of radio spectra and their long-term variability.

According to the daily observations in August 2007, a rapid variability of the poorly studied object of BL Lac type J2022 +76 was first detected. Its spectral flux density at 2.7, 3.9 and 6.2 cm varied by 20-30% over the period from several days to a month. The amplitude of the source's variability decreases with increasing frequency, which, along with the correlated flux variation at different frequencies may indicate external causes of variability.

Yu. V. Sotnikova

A Study of Background Components of Radio Emission of the Universe in Ground-Based Observations of Cosmic Microwave Background

Thesis for the degree of Candidate of Physical and Mathematical Sciences

The thesis is devoted to the study of cosmic background radiations, disturbing the investigations of the cosmological microwave background (CMB). The problem of accounting for other background radio emissions is of paramount importance because of the small magnitude of the CMB fluctuations. The Galactic background and the background radio source noise have practically not been studied in the short centimeter and millimeter wavelength intervals.

The noise of the charged macromolecules in the range of λ 1-3 cm is as well an interfering background radiation. Note that the possibility of taking into account the background in this range is based on a significant difference of brightness of the interfering background components, depending on the frequency.

The studies were conducted on the RATAN-600 radio telescope within the framework of the Genetic Code of the Universe project. The goals and objectives of the study:

- an assessment of the atmospheric noise as the main source of interference in the study of the CMB with ground-based facilities;
- an estimation of contribution of the macromolecule dipole radiation (the «spinning dust») in the centimeter wave band based on the measurements of polarization of the dust cloud in the Perseus constellation;
- Galactic synchrotron radiation study at decimeter

Галактики на дециметровых волнах и его вклада в изучение РИ;

- исследование радиоспектров объектов RZF-каталога (Ratan Zenith Field), полученного на РАТАН-600, и анализ популяций слабых радиоисточников. Выделение объектов с инвертированными спектрами, наиболее мешающими при изучении реликтового фона;
- отождествление радиоисточников RZF-каталога. Оценка изменений распределения по спектральным индексам при переходе к предельно слабым радиоисточникам и уточнение их роли в экспериментах по анизотропии реликтового фона.

По результатам обработки 1700 часовых сканов наблюдений в околоразенитной области, получено, что среднее положение излома спектра мощности по шкале частот равно 0,1 Гц на $\lambda 1.38$ см, а на волнах длиннее и короче 1.38 см излом смещен в сторону более низких частот ~ 0.03 Гц. Это ограничивает исследования анизотропии РИ на $l < 1000$, если не учитывать атмосферный шум. Двумерная фильтрация шумов атмосферы на плоскости «время-угловой масштаб» с помощью вейвлет-анализа позволяет проводить исследования анизотропии реликтового фона в сантиметровом диапазоне длин волн на угловых масштабах, важных для космологии.

Степень поляризации пылевого облака в области созвездия Персея оказалась на незначительном уровне ($\sim 2\%$). Из чего сделан вывод о малом влиянии дипольного излучения макромолекул на исследования поляризации реликтового фона.

Обнаружено, что двухчастотный (74 см - 7.6 см) спектральный индекс фонового излучения в околоразенитном обзоре не является постоянным, а испытывает пространственные вариации даже на высоких галактических широтах.

По результатам исследований объектов RZF-каталога оказалось, что число объектов с инвертированными спектрами незначительно и составляет около 1% при $\alpha > 1$ и 5% при $\alpha > 0$ ($S \sim \nu^{-\alpha}$). Соответствующие области можно экранировать от источников при изучении реликтового фона.

Т.А. Семенова

waves and its contribution to the study of the CMB;

- a study radio spectra of the RZF (Ratan Zenith Field) survey objects, obtained with the RATAN-600, and an analysis of the weak radio source populations. Isolation of objects with inverted spectra, the most disturbing in the microwave background studies;
- an identification of the RZF survey radio sources. An assessment of the distribution variation over the spectral indices in the transition to extremely weak radio sources and a refinement of their role in the experiments on the CMB anisotropy.

As a result of reduction of 1700 hour scans of observations in the circumzenith area, it was found that an average position of the power spectrum rupture on the frequency scale amounts to 0.1 Hz at $\lambda 1.38$ cm, and at the wavelengths longer and shorter than 1.38 cm the rupture is shifted towards lower frequencies ~ 0.03 Hz. Neglecting the atmospheric noise restricts the study of the CMB anisotropy at $l < 1000$. However, the two-dimensional filtering of the atmospheric noise on the «time-angular scale» plane with the help of wavelet analysis allows to take it into account. This would allow conducting the studies of the microwave background anisotropy at the centimeter wavelength interval on the angular scales important for the cosmology.

The degree of polarization of the dust cloud in the Perseus constellation was found to be insignificant ($\sim 2\%$). Thus, the dipole radiation of macromolecules has little effect on the studies of the microwave background polarization.

It was found that a double-frequency (74 cm - 7.6 cm) spectral index of the background radiation in the circumzenith survey is not constant, but undergoes spatial variations even at high galactic latitudes.

According to the results of studies of the RZF survey objects it was found that the number of objects with inverted spectra is insignificant and amounts to about 1% at $\alpha > 1$ and 5% at $\alpha > 0$ ($S \sim \nu^{-\alpha}$). The corresponding regions can be shielded from the sources in the studies of the microwave background.

T.A. Semenova