

КОНФЕРЕНЦИИ И СИМПОЗИУМЫ

**Объединенная научная сессия Отделения общей физики
и астрономии Российской академии наук
и Объединенного физического общества Российской Федерации**

(30 января 2002 г.)

30 января 2002 г. в конференц-зале Физического института им. П.Н. Лебедева РАН состоялась Объединенная научная сессия Отделения общей физики и астрономии Российской академии наук и Объединенного физического общества Российской Федерации. На сессии были заслушаны доклады:

1. **Балега Ю.Ю.** (Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, Карачаево-Черкесия). *Коричневые карлики: субзвезды без ядерных реакций.*

2. **Ефремов Ю.Н.** (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва). *Вспышки звездообразования в нормальных галактиках.*

3. **Ораевский В.Н.** (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Троицк), **Собельман И.И., Житник И.А.** (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва), **Кузнецов В.Д.** (Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Троицк). *Комплексные исследования Солнца со спутника КОРОНАС-Ф. Новые результаты.*

4. **Черепашук А.М.** (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва). *Звезды Вольфа – Райе и релятивистские объекты.*

5. **Цветков Д.Ю.** (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва). *Сверхновые типа Ib/c. Новые данные наблюдений.*

Краткие содержания докладов (за исключением доклада 2) публикуются ниже.

PACS number: 97.20.Vs

**Коричневые карлики:
субзвезды без ядерных реакций**

Ю.Ю. Балега

Определение. В 1963 году Кумар [1] показал, что ниже некоторого предела массы горение водорода в ядре звезды прекращается, а гравитационное сжатие объекта уравновешивается вырожденным электронным газом. Из равновесия теплового давления и квантового давления электронов вытекает значение таковой предельной

массы: $\sim 0,072$ массы Солнца (M_{\odot}). Предельная масса несколько выше для объектов, у которых содержание тяжелых элементов значительно ниже солнечного, до $\sim 0,09 M_{\odot}$. Субзвездные объекты, недостаточно массивные для поддержания стабильного горения водорода в ядре, астрономы называют коричневыми карликами (КК). КК — неудавшиеся звезды. Как обнаруживать такие объекты, сколько их в нашей Галактике и какой вклад они вносят в скрытую массу, существует ли резкий переход от субзвездных объектов малых масс к гигантским планетам, различаются ли механизмы их формирования от обычных звезд — эти и многие другие вопросы уже несколько десятилетий интересуют астрофизиков.

Внутреннее строение КК. Внутри КК представляют собой полностью ионизированную водородно-гелиевую плазму. Параметр вырождения $\psi = kT/kT_F$, где T_F — температура Ферми, для звезд очень малых масс и КК изменяется в диапазоне от 2 до 0,05, поэтому для описания внутреннего состояния необходимо учитывать термодинамические свойства частично вырожденного электронного газа. Напомним, что $\psi \rightarrow \infty$ соответствует классическому газу (предел Максвелла–Больцмана), а $\psi \rightarrow 0$ означает полное вырождение. Уравнение состояния для плотных астрофизических объектов впервые предложено Солпитером [2]. Рисунок 1 иллюстрирует центральные характеристики маломассивных звезд и субзвездных объектов в диапазоне масс от Юпитера до Солнца. При построении зависимостей использовалось солнечное содержание тяжелых элементов и возраст $\sim 5 \times 10^9$ лет. Для звезд массой более $\sim 0,4 M_{\odot}$ с ростом массы увеличивается центральное радиационное ядро, что сопровождается увеличением давления и плотности. Однако ниже $\sim 0,35 M_{\odot}$ недра звезды становятся полностью конвективными и, поскольку газ все еще остается в классическом режиме ($\psi \geq 1$), масса растет пропорционально радиусу R звезды, а центральная плотность ρ_c падает с увеличением массы, как M^{-2} . Ниже предела горения водорода начинает доминировать электронное вырождение, поэтому $M \sim R^{-3}$, а плотность снова растет с увеличением массы. Зависимость радиуса от массы $R \sim M^{-1/3}$, как у белых карликов, имеет место при полном вырождении, однако при частичном вырождении зависимость более пологая — радиус КК слабо зависит от массы. При солнечном возрасте и металличности КК имеет радиус, как у Юпитера ($0,1 R_{\odot}$).

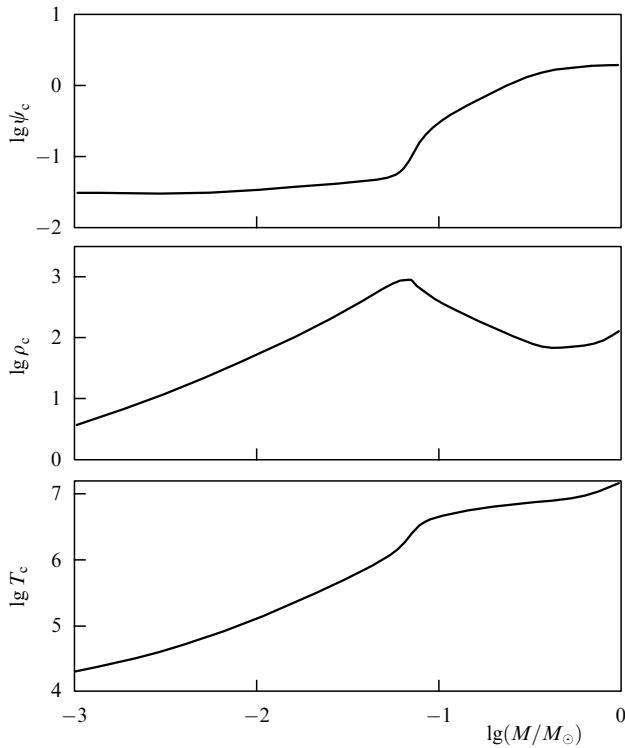


Рис. 1. Параметр вырождения ψ , центральная плотность ρ_c и центральная температура T_c для звезд малых масс и КК с солнечным содержанием тяжелых элементов и возрастом 5 млрд лет.

На рисунке 2 показано изменение температуры в центре маломассивного объекта со временем. Подробный обзор работ по физическим, механическим и тепловым свойствам звезд очень малых масс и КК сделан Шабрие и Бараффе [3].

По определению, в субзвездном режиме нет генерации ядерной энергии. Вся эволюция КК определяется выделяемой при сжатии внутренней энергией. Даже когда вырождение становится важным параметром, КК продолжает медленно сжиматься. Время сжатия КК сопоставимо с хаббловским временем.

Основным механизмом переноса энергии в КК, как и у звезд очень малых масс, является конвекция, скорость которой $v_{\text{conv}} \sim 1 \text{ м с}^{-1}$. Однако конвекция может в значительной степени подавляться быстрым вращением карлика. Наблюдения показали, что для некоторых объектов вращение может достигать $50-80 \text{ км с}^{-1}$, что соответствует угловой скорости $\Omega \sim 5 \times 10^{-4} \text{ рад с}^{-1}$ на характерном радиусе $0.1 R_\odot$. При таком вращении число Росби $R_0 = v_{\text{conv}}/\Omega l \sim 10^{-3}$, где l — длина перемешивания, и конвекция может быть полностью подавлена. У таких быстро вращающихся КК должны существовать и другие механизмы переноса энергии, например, меридиональная циркуляция, турбулентность и теплопроводность. В недрах КК в ходе остывания поток, связанный с теплопроводностью, может превосходить конвективный поток.

Атмосферы КК. Построение моделей атмосфер для КК является сложной дисциплиной, поскольку необходимо рассчитывать молекулярное поглощение (миллионы спектральных линий), учитывать присутствие конденсатов. Немаловажно и то обстоятельство, что светимость КК в $10^{-2}-10^{-5}$ раз ниже светимости

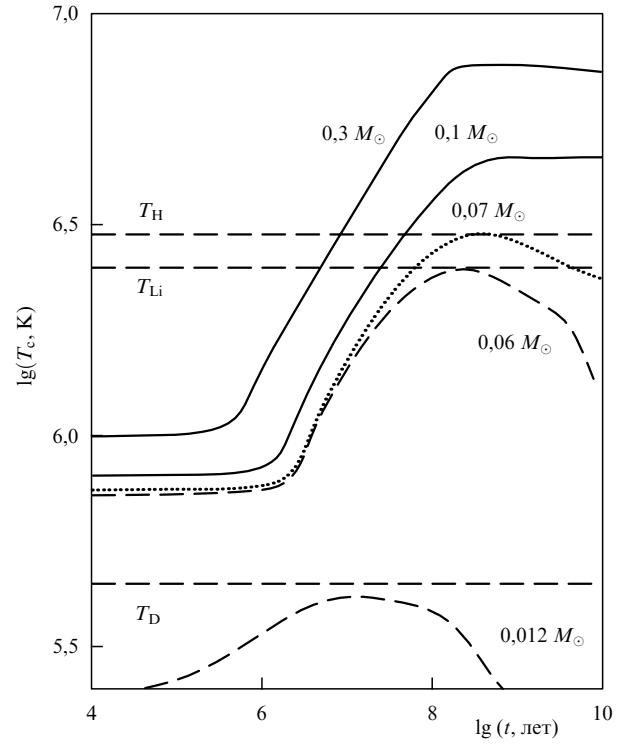


Рис. 2. Центральная температура T_c как функция возраста для разных масс. T_H , T_{Li} и T_D обозначают температуры горения водорода, лития идейтерия (согласно [3]).

Солнца L_\odot , поэтому их спектральная классификация крайне сложна.

При температуре поверхности ниже $T_{\text{eff}} \leq 4000 \text{ К}$ большая часть водорода связана в молекулы H_2 , а углерода — в CO. Избыток кислорода связан в TiO, VO, OH и H_2O . Для объекта массой $\sim 0,075 M_\odot$ ускорение силы тяжести $g = Gm/R^2$ на поверхности равно $\lg g \sim 5,5$, давление $P_{\text{ph}} \sim 10$ бар, плотность $\rho_{\text{ph}} \sim 10^{-4} \text{ г см}^{-3}$. При таких условиях значительную роль в спектре играют абсорбции, вызванные столкновениями молекул.

На рисунке 3 показана последовательность спектров в ближнем инфракрасном (ИК) диапазоне для карликов — от спектрального класса M до КК (материалы с телескопа UKIRT: для M-карликов — Джонс и др. [4], для КК Gl 229B — Жебаль и др. [5]). При переходе от красных карликов к КК заметно усиливаются полосы воды и появляются широкие полосы метана (CH_4). В атмосфере формируются облака Al_2O_3 (корунд), железа, $CaTiO_3$, $MgSiO_3$, Mg_2SiO_4 , которые могут приводить к возникновению парникового эффекта в фотосферных слоях. В видимой части спектра при температурах ниже 2000 К появляются линии поглощения щелочных металлов (Na I, K I, Rb I, Cs I) и почти исчезают характерные для красных карликов молекулярные полосы TiO и VO. Линия поглощения K I в области 7700 Å превращается в широкую депрессию.

Моделирование атмосфер холодных карликов является сложной нелинейной проблемой. "Барьер 3000 K" впервые удалось преодолеть только 10 лет назад [6], когда в модель, помимо доминирующей непрозрачности за счет TiO и H_2O , включили многочисленные молекулярные полосы гидридов. Тем не менее проблема моделирования ИК части спектра остается, в

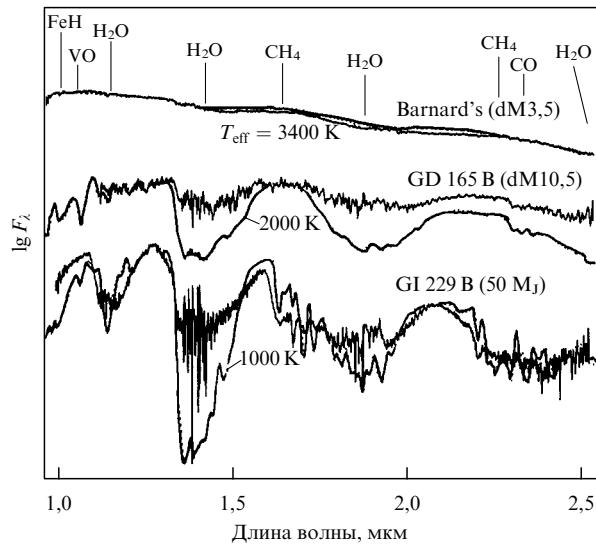


Рис. 3. Изменение спектра в ИК диапазоне от красных карликов до КК. Приводятся модели для $T_{\text{eff}} = 3400$ К (звезда Барнarda), 2000 К и 1000 К.

основном из-за полос воды. Теоретические списки линий H_2O существуют, например, Миллер и др. [7] дают список из 6 млн линий, Патридж и Швенке [8] — из 300 млн линий, однако ни один из них пока не может описать наблюдаемые полосы водяного пара для поздних звезд и КК. Современные модели пока недостаточно учитывают и конденсацию молекул в зерна. Подробный обзор моделей атмосфер звезд очень малых масс и КК сделали Аллард и др. [9].

Поиск КК. Существует несколько возможных способов поиска КК. Во-первых, можно искать очень старые КК среди объектов с температурой ниже 2000 К в непосредственной близости от Солнца. Это сложная задача, так как, по определению, КК никогда не достигают теплового равновесия, и светимость большинства КК, образовавшихся на ранних стадиях существования Галактики, падает до очень низких значений ($L \sim 1/t$). Во-вторых, можно искать молодые КК в молодых скоплениях звезд. Светимость таких карликов будет выше, поэтому они легче обнаруживаются, однако всегда будет сложно отличить их от красных карликов. Наконец, можно обнаруживать КК динамическим способом, определяя их массу из орбит кратных систем КК или пар звезд — КК.

Основным критерием при поиске КК является наличие следов Li в спектре. Первичный литий в пропорции 1 : 10^9 H входит в состав формирующихся звезд со временем "Большого взрыва". В звездах при температурах $T \sim 2 \times 10^6$ К литий быстро разрушается в столкновениях с протонами: ${}^7\text{Li} + \text{p} \rightarrow {}^2\text{He}$. Красные карлики полностью конвективны, поэтому Li перемешивается и сгорает. Однако при массах субзвезд $M \leq 0,07 M_{\odot}$ температура не достигает таких значений, и ${}^7\text{Li}$ сохраняется (рис. 4). Его можно обнаружить по дублету на длине волны 6708 Å. Литиевый тест был впервые предложен Реболо и др. [10] и Павленко и др. [11].

Первый кандидат в КК был обнаружен в 1995 г. в молодом скоплении звезд Плеяды (возраст 100 млн лет) с помощью 10-метрового телескопа Кека: признаки Li были найдены Басри и др. [12] в спектре объекта PPL15.

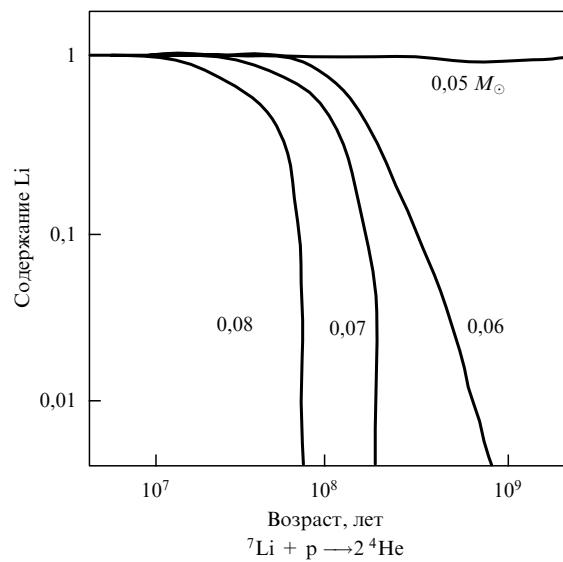


Рис. 4. Изменение содержания Li с возрастом для разных масс.

Однако масса PPL15 близка к пределу горения водорода в ядре, поэтому не исключена возможность того, что PPL15 является поздним M-карликом. Любой объект со светимостью ниже PPL15 должен быть КК. На сегодняшний день в Плеядах астрономами обнаружено несколько десятков КК. Аналогичные поиски КК с помощью крупных телескопов выполнены в других молодых звездных скоплениях.

Самым первым надежно подтвержденным КК оказался очень слабый спутник звезды Gl 229, который был обнаружен в К-фильтре (2,2 мкм) с помощью аддитивно-оптического коронографа на 1,5-метровом рефлекторе в Паломарской обсерватории в США [13]. Его светимая величина в К-диапазоне $M_K = 15,6$ (в сотни раз слабее, чем у PPL15), а масса заведомо ниже пороговой — всего $0,03 - 0,04 M_{\odot}$. Gl 229B — один из самых холодных КК: температура его поверхности около 900 К. Несколько позднее был обнаружен еще более холодный объект — спутник звезды Gl 570ABC с $T_{\text{eff}} \sim 750$ К. Его светимость в 3×10^5 раз ниже светимости Солнца. В спектрах этих объектов доминируют широкие полосы CH_4 и H_2O . Сотни новых КК были найдены в результате обзоров звезд поля с помощью специальных телескопов, оснащенных матричными детекторами видимого и ИК диапазона.

На сегодняшний день накоплены спектры большого числа КК, что позволяет выполнять их спектральную классификацию. Мартин [14] и Киркпатрик и др. [15] предложили классифицировать КК как новые спектральные классы L и T. Для M-карликов спектральная шкала пока окончательно не установлена, но принято, что нижний предел температуры $T_{\text{eff}} = 2000$ К. С этого предела начинается L-класс, каждый следующий подкласс которого на 100 К холоднее предыдущего. Объект Gl 229B является представителем спектрального класса T еще более холодных метановых звезд. Полосы метана в их спектрах наблюдаются на 3,5 мкм уже при температуре $T_{\text{eff}} = 1600$ К, а на 2 мкм — при $T_{\text{eff}} = 1200$ К. Температурная шкала для T-карликов окончательно не установлена, так как распределение энергии в спектре

определяется содержанием пыли. По цвету они могут казаться голубее, чем L-карлики, так как CH_4 подавляет депрессию в K-полосе.

По аналогии с Li-тестом можно применять и тест на присутствиедейтерия (D разрушается раньше Li). Такой тест применим для объектов еще меньших масс или для очень молодых возрастов КК. Горение D для $M \geq 0,013 M_{\odot}$ протекает на начальных стадиях эволюции и длится $\sim 10^6 - 10^8$ лет. Объекты ниже этой массы не могут сжигать дейтерий, поэтому естественно определить $0,013 M_{\odot}$ как границу между КК и гигантскими планетами.

КК в кратных системах. Считается общепринятым, что звезды рождаются в кратных системах и группах. Основным механизмом формирования кратных звезд при коллапсе протозвездного газо-пылевого облака является фрагментация. Обнаружение КК в системах обычных звезд может быть краеугольным камнем в ходе дискуссии о происхождении КК. Первый КК — спутник белого карлика GD 165 — был открыт астрономами в ходе обзора сотен белых карликов. Одна из интересных кратных систем КК была исследована на 6-метровом телескопе БТА Специальной астрофизической обсерватории РАН [16]. Наблюдения объекта Gl 569B в ИК диапазоне спектра с применением методов интерферометрии позволили восстановить изображение с дифракционным разрешением (рис. 5) и по орбитальному движению определить суммарную динамическую массу — $0,14 M_{\odot}$. Не исключено, что Gl 569B состоит из трех почти одинаковых компонентов с массами примерно по $0,045 M_{\odot}$ (более яркий компонент является тесной парой, которая не разрешается телескопом). По кинематике объекта нами установлено, что Gl 569B входит в движущуюся группу Большой Медведицы, а его возраст примерно 300 млн лет.

Обнаружить КК в паре со звездой спектрального класса G–M непосредственно на телескопическом снимке

крайне сложно из-за большой разницы блеска. Но компоненты очень малых масс могут быть выявлены по доплеровскому смещению лучевых скоростей звезд. Спектроскопические обзоры скоростей, близких к Солнцу звезд, дали несколько неожиданный результат: при сравнительно большом числе обнаруженных объектов с планетными массами количество КК в системах со звездой класса G–M оказалось небольшим (< 1%). Для сравнения отметим, что число двойных красных карликов достигает 50 %. Возможно, это свидетельствует о различных механизмах формирования звезд и субзвездных объектов очень малых масс.

Количество КК и функция масс. Сегодня больше половины площади скопления Плеяды исследовано на наличие КК. Оказалось, что КК — многочисленная популяция, содержащая до 10 % всей массы скопления. Обзор звезд поля в северном полушарии на телескопе 2MASS на длине волны 2 мкм, который уже выявил более 200 новых КК, позволил сделать вывод, что для мало-массивных объектов функция масс $dN/dM = M^{\alpha}$ с показателем $2 > \alpha > 1$. Если $\alpha \approx 1,3$, то локальная плотность КК, $0,075 > M/M_{\odot} > 0,01$, равна примерно 0,1 системы на pk^3 , или $\sim 0,005 M_{\odot} \text{ pk}^{-3}$. Это означает, что КК примерно столько же, как и звезд диска Галактики, но вкладывают они не более 10 % суммарной массы. Оценка числа Т-карликов с поверхностными температурами ниже 1000 К дает тот же порядок величин. Наблюдения эффекта микролинзирования звезд в направлении на центральную часть Галактики также свидетельствуют о том, что по массе КК составляют значительно меньше 10 % массы звезд. Следовательно, субзвездные объекты могут оказаться самыми распространенными нашими соседями, однако возможность того, что они отвечают за скрытую массу в Галактике, полностью исключается (для этого необходимо $\alpha > 3$).

Образование КК. Возможны три механизма формирования КК. (а) КК образуются в результате коллапса в иерархически структурированном протозвездном облаке так же, как и звезды больших масс. Иерархическая модель облака всегда дает солитеровскую функцию масс. Расчеты показывают, что в холодных облаках ($T \sim 3$ К) до 50 % массы и до 90 % объектов будут КК. (б) КК образуются в результате гравитационной нестабильности газо-пылевого диска вокруг формирующейся звезды. Этой модели в какой-то мере противоречит низкая доля наблюдаемых КК — спутников звезд. (в) КК образуются в результате выброса звездных эмбрионов из области звездообразования вследствие обмена энергией и моментами. Чтобы эмбрион не успел набрать массу, характерное время до выброса должно быть очень небольшим, $\sim 10^3 - 10^4$ лет. Правда, последние измерения дисперсии лучевых скоростей КК в темном молекулярном облаке в Хамелеоне показали, что она не отличается от скоростей окружающих звезд и газа, и, следовательно, не наблюдаются скорости убегания.

Задачи. Ближайшими задачами исследований КК являются определение из наблюдений кривых охлаждения КК для уточнения моделей атмосфер, определение массы отдельных взаимодействующих систем, уточнение функции масс для определения вклада КК в скрытую массу Галактики. Наземные возможности для наблюдений КК крайне ограничены. Новые космические эксперименты IRIS, SIRTF, NASA Planet Finder смогут обнаруживать холодные метановые Т-карлики на расстояниях

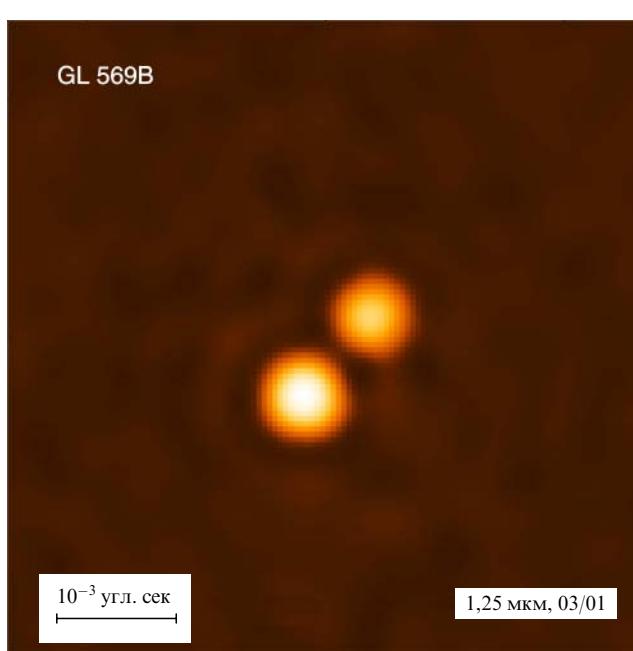


Рис. 5. Изображение системы карликов Gl 569B, полученное на телескопе БТА с применением спектр-интерферометрии в ИК фильтре 1,3 мкм. Расстояние между компонентами $0,089''$ (≈ 1 а.е.).

~ 200 пк, т.е. по всей толще диска Галактики. Объекты массой ~ 0,01 M_{\odot} можно будет наблюдать на удалении до 50 пк.

Список литературы

1. Kumar S S *Astrophys. J.* **137** 1121 (1963)
2. Salpeter E E *Astrophys. J.* **134** 669 (1961)
3. Chabrier G, Baraffe I *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **38** 337 (2000)
4. Jones H R A et al. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **267** 413 (1994)
5. Geballe T R et al. *Astrophys. J. Lett.* **467** L101 (1996)
6. Allard F "Model atmospheres for M-dwarfs", PhD Thesis (Heidelberg: Ruprecht-Karls Univ., 1990)
7. Miller S et al., in *Molecules in the Stellar Environment: Proc. of IAU Colloq. N 146, Copenhagen, Denmark, May 24–29, 1993* (Lecture Notes in Physics, Vol. 428, Ed. U G Jørgensen) (Berlin: Springer-Verlag, 1994)
8. Partridge H, Schwenke D W *J. Chem. Phys.* (1997)
9. Allard F et al. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **35** 137 (1997)
10. Rebolo R, Martin E L, Magazzu A *Astrophys. J. Lett.* **389** L83 (1992)
11. Pavlenko Y V et al. *Astron. Astrophys.* **303** 807 (1995)
12. Basri G, Marcy G W, Graham J R *Astrophys. J.* **458** 600 (1996)
13. Nakajima T et al. *Nature* **378** 463 (1995)
14. Martin E L et al. *Astron. Astrophys. Lett.* **327** L29 (1997)
15. Kirkpatrick J D et al. *Astrophys. J.* **519** 802 (1999)
16. Kenworthy M et al. *Astrophys. J. Lett.* **554** L67 (2001)

Дополнительные обзорные материалы

1. Basri G "Observations of Brown dwarfs" *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* **38** 485 (2000)
2. *Brown Dwarfs and Extrasolar Planets: Proc. of a Workshop, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, 17–21 March 1997* (Astron. Soc. of the Pacific Conf. Ser., Vol. 134, Eds R Rebolo, E L Martin, M R Zapatero Osorio) (San Francisco, Calif.: ASP, 1998)
3. *From Giant Planets to Cool Stars: Proc. of a Workshop, Northern Arizona Univ., Flagstaff, AZ, USA, 8–11 June 1999* (Astron. Soc. of the Pacific Conf. Ser., Vol. 212, Eds C A Griffith, M S Marley) (San Francisco, Calif.: ASP, 2000)

PACS number: 96.60.-j

Комплексные исследования Солнца со спутника КОРОНАС-Ф. Новые результаты

В.Н. Ораевский, И.И. Собельман,
И.А. Житник, В.Д. Кузнецов

1. Программа КОРОНАС и проект КОРОНАС-Ф

В настоящем докладе представлены результаты комплексных наблюдений солнечной активности на спутнике КОРОНАС-Ф.

Международная программа КОРОНАС (Комплексные орбитальные околоземные наблюдения активности солнца), в рамках которой осуществлен запуск околоземной космической солнечной обсерватории КОРОНАС-Ф предназначена для исследований Солнца на разных фазах 11-летнего солнечного цикла. Предыдущий спутник КОРОНАС-И (запущен в 1994 г.) наблюдал Солнце вблизи минимума его активности. КОРОНАС-Ф будет изучать солнечную активность вблизи максимума текущего 23-го цикла. 31 июля 2001 г. спутник КОРОНАС-Ф выведен на орбиту со следующими параметрами: наклонение орбиты — 82,49°, минимальное удаление от поверхности Земли — 500,9 км, максимальное удаление от поверхности Земли — 548,5 км, период обращения 94,859 мин. Такая орбита обеспечивает регу-

лярно повторяющиеся периоды непрерывных наблюдений за Солнцем длительностью приблизительно 20 сут, что особенно важно для задач гелиосейсмологии и патрулирования солнечных вспышек. Фактически реализованная стабилизация ориентации космического аппарата оказалась в 3–5 раз лучше запланированной (несколько угловых секунд за секунду), что позволяет достичь высокого пространственного разрешения наблюдений Солнца.

2. Научные задачи проекта КОРОНАС-Ф

Основными научными задачами проекта КОРОНАС-Ф являются наблюдения глобальных колебаний Солнца и изучение сейсмологии его недр и внутреннего строения, комплексные исследования мощных динамических процессов активного Солнца (активные области, вспышки, выбросы плазмы) в широком диапазоне длин волн от оптики до гамма-излучения, изучение солнечных космических лучей, ускоренных во время активных явлений на Солнце, условий их выхода, распространения в межпланетном магнитном поле и воздействия на магнитосферу Земли.

3. Комплекс научной аппаратуры

и первые результаты наблюдений

В соответствии с задачами проекта комплекс научных приборов космического аппарата включает четыре основные группы: прибор для регистрации глобальных колебаний Солнца, приборы рентгеновского диапазона для построения спектральных изображений активных областей на Солнце с пространственным разрешением порядка 2–3"; приборы для измерения потоков электромагнитного излучения активных областей и вспышек; приборы для исследования солнечных корпуксуллярных потоков. Широкий диапазон измерений электромагнитного спектра и потоков солнечных космических частиц как нейтральных (нейтронов), так и заряженных (электронов, протонов и ядер) позволит получать наиболее полную картину физических процессов в активных областях на Солнце. Приборы спутника КОРОНАС-Ф и их основное назначение приведены в таблице 1.

Основное оперативное управление приборами комплекса научной аппаратуры (КНА) осуществляется из ЦУП КНА, расположенного в Институте земного магнетизма, ионосфера и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН), г. Троицк. Закладки команд на борт КНА выполняются ежедневно. Объем одной закладки достигает 24 Кб. Кроме управления режимами работы обеспечивается динамическое перепрограммирование в полете бортовых контроллеров приборов КНА, что позволяет настраивать их программное обеспечение для текущих наблюдений. Сбор заявок на управление через ЦУП ЦКИТ ИЗМИРАН выполняется по электронной почте за время не менее 10 мин перед сеансом управления, что обеспечивает требуемую оперативность и гибкость управления КНА.

Спектрофотометр ДИФОС. Спектрофотометр ДИФОС предназначен для измерения флуктуаций интенсивности оптического излучения Солнца с целью получения спектра собственных колебаний. Измерения интенсивности проводятся одновременно в шести оптических спектральных диапазонах: 350, 500, 650, 850, 1100 и 1500 нм с шириной полосы 10 % от значения центральной частоты. По сравнению с проектом КОРОНАС-И