

ISSN 1607–2855

Том 2 • № 1 • 2001 С. 29 – 33

УДК 523.4

Особенности пространственного распределения звезд с планетами

А.П. Видьмаченко, В.Н. Крушевская

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины

На сегодняшний день известно около 70 звезд, возле которых обнаружены относительно холодные околозвездные объекты. В предлагаемой работе нами построено пространственное распределение таких звезд, а также показано их распределение по спектральным классам, которое испытывает ряд особенностей. Исследуемые звезды до 8 визуальной звездной величины, находящиеся на расстояниях до 50 парсек, взяты из каталога HIPPARCOS.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ЗІРОК З ПЛАНЕТАМИ, Видьмаченко А.П., Крушевська В.М. – На сьогоднішній день відомо близько 70 зірок, біля яких виявлені відносно холодні супутні об'єкти. У запропонованій роботі представлено просторовий розподіл таких зірок і розподіл по спектральних класах, котрі мають певні особливості. Для дослідження із каталогу HIPPARCOS взято зірки до 8 візуальної зоряної величини, які знаходяться на відстанях до 50 парсек.

PECULIARITY IN SPATIAL DISTRIBUTION OF STARS WITH PLANETS, by Vid'machenko A.P., Kryshevskaya V.N. – Up today it is known about 70 stars with the cold enough circumstellar objects orbiting them. In present work it is built by a spatial distribution of these stars and it is shown their distribution by spectral classes which experiences a set of features. Investigated stars up to 8 visible magnitude placed in a distances up to 50 parsec are given from the HIPPARCOS catalogue.

ВВЕДЕНИЕ

Существование Солнечной системы с девятью большими планетами, несколькими десятками спутников вокруг них и многочисленными малыми планетами есть непреложный факт. Исследователей же всегда интересовал вопрос о наличии планет вокруг других звезд в Нашей Галактике. Основываясь на ее размере и на законах теории вероятности, с неизбежностью следует вывод, что наша Солнечная система не должна быть уникальной во Вселенной. По грубым оценкам в наблюдаемой части Вселенной существует около 50 миллиардов галактик, самые большие из которых содержат тысячи миллиардов звезд. При продолжительности существования Вселенной ~14 млрд. лет каждый час в ней должно формироваться около 1 миллиона планетных систем [9]. Однако главным вопросом долго оставался вопрос о самой возможности установить существование внесолнечных планет из прямых астрономических наблюдений.

В течение нескольких прошлых лет используемые для наблюдений астрономические методы становились все более совершенными и более сложными, продвинутыми, способными по точным, хотя и косвенным, методикам обнаружить планетные тела возле других, отличных от нашего Солнца, звезд. И хотя такие косвенные свидетельства уверенно указывают на реальное существование внесолнечных планет, однако очень долго не имелось возможности прямого их наблюдения через телескоп или снимок. Открытие и подтверждение упомянутых планетных тел было осуществлено в последние несколько лет, и главным толчком стала информация, накапливаемая в течение 1990-х гг. Именно в 90-е годы большое внимание уделялось поиску внесолнечных планет. Согласно [7] основными методами, которые используются при таких исследованиях, являются: астрометрическое обнаружение, прямые изображения, радиальные скорости, фотометрический метод (метод покрытий), наблюдения в инфракрасном диапазо-

не. Среди такого разнообразия методов для определения существования планетного тела на сегодня имеется и явный лидер: измерение радиальных составляющих скорости перемещения звезд, базирующийся на *доплеровском методе измерения смещения спектральных линий*. Радиальная скорость, значение которой определяется по доплеровскому смещению линий в спектре звезд, принимает во внимание только составляющую скорости ее смещения по линии, соединяющей звезду и наблюдателя. Если звезда перемещается к нам, тогда весь ее спектр будет смещен к синему краю (так называемое синее смещение) и значение скорости будет отрицательным. Если же звезда удаляется от нас, тогда спектр звезды будет смещен в красную часть (красное смещение) и значение скорости будет положительным. Таким образом, наблюдая сдвиг спектральных деталей можно определить направление, в котором перемещается звезда. В случае, когда планета (или планеты) обращается вокруг звезды, то ее местоположение в пространстве будет испытывать определенное смещение относительно центра масс всей системы [3]. При этом, спектр такой звезды показал бы периодический сдвиг то в красную, то в синюю часть. Другими словами, влияние планетных тел вокруг звезды будет оказывать влияние на радиальную составляющую скорости перемещения звезды. Следует отметить, что такие возмущения доплеровской скорости очень маленькие и поэтому их чрезвычайно трудно обнаружить. В связи с этим для подобных целей необходимо использовать высоко специализированные спектрометры, которые могут позволить обнаружить крошечные доплеровские смещения длины волны линейчатого спектра звезды [6].

ЗВЕЗДЫ С ПЛАНЕТАМИ

В настоящее время активно просматривается около 2000 самых близких к Солнцу и самых ярких звезд спектральных классов А–М с точностью определения доплеровских скоростей лучше 10 м/с. К середине 2001 г. эти исследования привели к открытию вокруг 65 звезд свыше 70 внесолнечных планет-гигантов (ВПГ) [2, 8, 10]. При этом была открыта и первая система из нескольких планет [4], а также было зарегистрировано первое прохождение планеты по диску звезды [5]. Таким образом, планеты обнаружены более чем у 3 % исследованных звезд.

В работе [1] приведены результаты исследования кратности у 123 ближайших к нам звезд солнечного типа. Все эти звезды видны невооруженным глазом и находятся в северном полушарии неба на расстояниях от Солнца, меньших 25 парсек. Оказалось, что 57 из них – двойные звезды, 11 – тройные и 3 – четверные. То есть почти 60 % всех звезд солнечного типа являются кратными. В действительности этот процент должен быть еще выше, поскольку их мало массивные компоненты невозможно было наблюдать из-за недостаточной (на начало 80-х гг.) точности при использовании методики спектральных наблюдений. Экстраполяция зависимости числа пар от отношения масс компонент для разных периодов обращения звезд (от 0.001 до 100000 лет) позволила утверждать, что полное количество двойных систем с массами меньших компонент $>1 M_{\odot}$ будет >110 . Другими словами, если учитывать достаточно малые значения отношения $M_{\text{комп}}/M_{\text{ц.звезды}}$, то получим, что практически все звезды солнечного типа либо кратные, либо должны иметь планетную систему.

Несколько десятков звезд, возле которых на сегодня обнаружены планеты, представляют собой довольно бедную выборку с точки зрения ее использования для исследования статистическими методами. Однако эти звезды не сконцентрированы в каком-то определенном участке небесной сферы, а рассредоточены по всему небу, и это позволяет нам попытаться изучить их пространственное распределение и сравнить его с распределением близко расположенных к Солнцу звезд отдельно для каждого спектрального класса и подкласса. На основе полученных результатов предлагается составить программу наблюдений на 2-метровом телескопе, установленном на пике Терскол (Северный Кавказ).

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗВЕЗД С ПЛАНЕТАМИ В ОКРЕСТНОСТЯХ СОЛНЦА

Проведем анализ пространственного распределения звезд, возле которых на середину июля 2001 года обнаружены планетные тела. Всего таких звезд 65. 60 из них – ярче 8^m и 61 звезда находится на расстояниях ближе 50 парсек. Поскольку куде ешелле спектрометр на 2-метровом телескопе на пике Терскол позволяет проводить спектральные исследования с точностью определения доплеровских скоро-

стей не хуже 50 м/с для звезд ярче 6^m, а для некоторых задач и до 8^m, то именно этой величиной блеска мы и ограничимся в данном исследовании.

На рис. 1а представлено распределение звезд с планетами в системе галактических координат “*l*, *b*”, отнесенной к Солнцу, а на рис. 1б. – проекция пространственного расположения таких звезд на плоскость Галактики. Планеты были обнаружены возле звезд со спектральными классами от А0 до М5. Тщательные исследования полноты каталога HIPPARCOS по зависимости количества звезд от расстояния до Солнца и от визуальной звездной величины показывает четкую границу, ограниченную величинами более яркими, чем 8^m. В связи с этим, мы отобрали звезды спектральных классов А0–М9 с визуальными звездными величинами ярче 8.1^m, находящимися на расстояниях $R < 50.1$ пс. Массы этих звезд показывают узкий мощный пик при значениях близких к массе Солнца и почти полное отсутствие звездного населения с массами, большими, чем $2M_{\odot}$. Типичные межзвездные расстояния составляют меньше 4 пс. Средняя плотность звездного населения ярче 8.1^m составляет ~1 звезда на 170 кубических парсек. Распределение плотности этих звезд становится практически однородным, начиная с размера куба ~9–10 парсек (~1000 пс³). Некоторая проблема заключается в том, что более молодые звезды, которые доминируют среди наиболее ярких звезд, частично сконцентрированы в более плотные группы с масштабами до нескольких десятков парсек. Специально выполненный анализ показал, что в среднем в такие подассоциации объединяются не более 8 звезд, и звезды классов О и В мы вообще не принимали к рассмотрению. Поэтому можно предположить, что в среднем звезды располагаются равномерно в выбранном нами объеме.

Анализ распределения звезд, возле которых на середину июля 2001 года обнаружены планетные тела, позволил сделать следующие выводы.

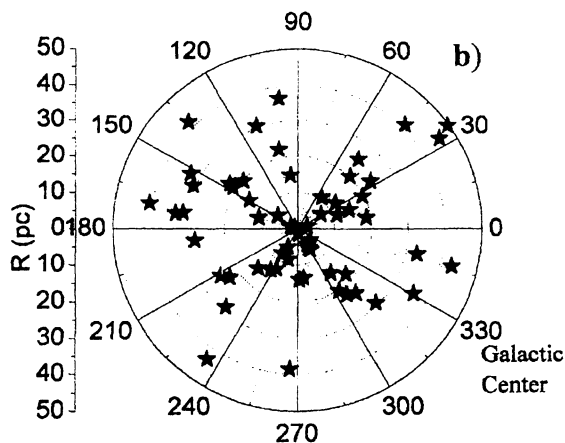
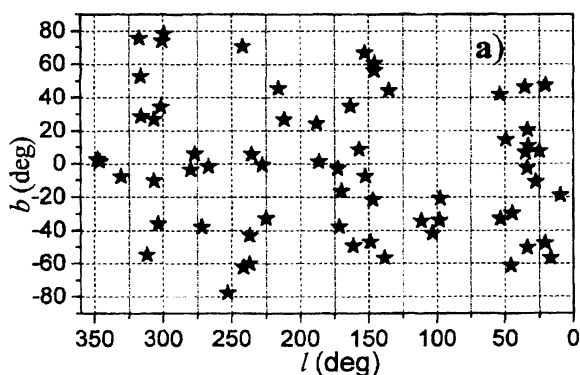


Рис.1. Пространственное распределение звезд с планетами в окрестности Солнца.

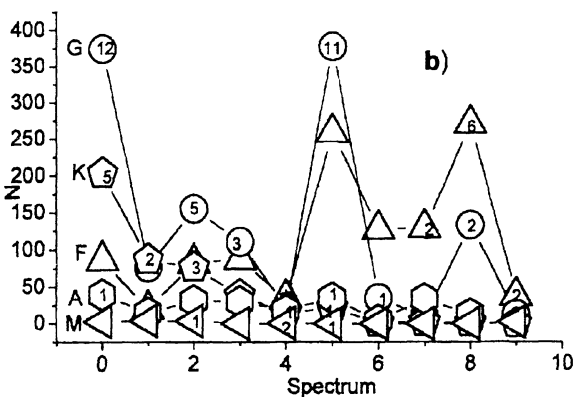
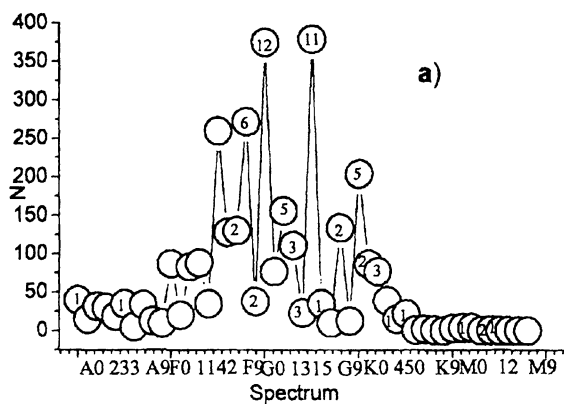


Рис.2. Распределение звезд и звезд с планетами по спектральным классам для звездной величины слабее 8.1^m, находящимися на расстояниях до 50.1 пс.

этом особое внимание следует обратить на звезды спектральных классов F8, G0, G5, G8, K0, K2, K5, M0, поскольку звезды этих спектральных классов составляют около 80 % от общего количества звезд (см. рис.3).

- 8) Непродолжительный промежуток времени наблюдений звезд с ВПГ (~ 5–6 лет) привел к тому, что на сегодня обнаружены только те планеты, которые имеют периоды обращения вокруг центральных светил < 1.5 лет. (Например, для «открытия» Юпитера понадобилось бы $\sim(12\text{лет}) \times (2-3 \text{ периода}) = 24-36$ лет). Таким образом, «патрулирование» этих же 2000 звезд на протяжении 10–15 лет, по крайней мере утроит количество открытых возле них планет.

Будущее в поиске открытий внесолнечных планет основывается главным образом на двух предположках: 1) финансовая поддержка для продолжения программ и миссий уже существующих и разработка новых; 2) непрерывная работа над продвижением новых технологий и методов, которые позволят астрономам обнаруживать и подтверждать существование этих планетных тел. Что необходимо делать в ближайшем будущем, где искать околозвездные объекты, какие именно и возле каких звезд, в какой части вселенной наши усилия должны быть сконцентрированы? Ответ на эти вопросы чрезвычайно важен как с финансовой точки зрения, так и в связи с экономией времени при выполнении работ по поиску и определению физических характеристик внесолнечных планет.

1. Шкловский И.С. Вселенная, жизнь, разум. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
2. Cumming A., Marcy G.W., Butler P., *Astrophys. J.* – 1999. – **526**. – P.890–915.
3. Boss A.P., *Physics Today*. – 1996. – 4949. – P.32–38.
4. Butler R.P., Marcy G.W., Fisher D., *et al.*, *Astrophys. J.* – 1999. – **526**. – P.916–927.
5. Henry G.F., Marcy G.W., Butler R.P., *et al.*, *Astrophys. J.* – 2000. – **529**. – L41–L44.
6. MacRobert A.M., Roth J., *Sky and telescope*. – 1996. – 9, 1, 38040.
7. Schneider J., Doyle L.R.: *Earth, Moon and Planets*. – 1995. – **71**. – P.153–173.
8. Seager S., Whitney B.A., Sasselov D.D., *Astrophys. J.* – 2000. – **504**. – P.504–520.
9. Shklovskii I.S., Sagan C. *Intelligent life in the Universe*. – New York: Dell publishing, 1966. – 509 p.
10. Vogt S.S., Marcy G.W., Butler R.P., *et al.*, *Astrophys. J.* – 2000. – **536**. – P.902–914.

Поступила в редакцию 5.09.2001