

К ВОПРОСУ О СУЩЕСТВОВАНИИ ДЕСЯТОЙ ПЛАНЕТЫ

Е.Е. Бирюков

В работе предпринята попытка объяснения распределения обнаруженных транснептуновых объектов действием десятой, пока не открытой, планеты. Было показано, что действием планеты, имеющей значение большой полуоси порядка 60 а.е. несмотря на результаты Брунини и Мелиты, невозможно объяснить наблюдаемое распределение ТНО, как впрочем и возмущениями планеты из внутреннего облака Оорта. Это связано с тем, что времени, проводимого этой планетой вблизи Нептуна недостаточно для возмущения исследуемых орбит и формирования их распределения, близкого к наблюдаемому. Наиболее интересными представляются результаты, полученные действием планеты со значениями большой полуоси a пределах 80–200 а.е. Планета со значением большой полуоси порядка 200 а.е. способствует формированию объектов на сильноэллиптических орбитах со значением большой полуоси больше 80 а.е. С другой стороны, планета со значением большой полуоси порядка 80 а.е. и наклоном около 180° формирует распределение объектов, сильно напоминающее распределение обнаруженных ТНО. В частности, появилось немало объектов, движущихся в резонансе с Нептуном и имеющих большие наклоны.

Введение

Недавно открытый пояс Эджеворта-Койпера дал новую богатую информацию о происхождении малых тел Солнечной системы и взаимосвязи объектов различных классов. Структура этого образования оказалась очень сложной, но можно выделить две основные группы транснептуновых объектов: классический пояс объектов со значениями большой полуоси $a < 50$ а.е. и семейство тел, движущихся по орбитам с эксцентриситетами $0,2 < e < 0,9$ и $a > 50$ а.е. Существование последней группы объектов явилось большим сюрпризом для астрономов, поскольку большие тела не могли образоваться в результате аккреции на орбитах с такими большими эксцентриситетами. К тому же наклоны орбит этих объектов достигают 35 градусов, несмотря на то, что наблюдения сконцентрированы вблизи плоскости эклиптики.

В течение определенного времени эти объекты рассматривались как тела, выброшенные из зоны формирования Нептуна в процессе формирования данной планеты. Однако, более детальное изучение различных моделей происхождения далеких транснептуновых объектов показало, что модель объектов, выброшенных Нептуном, не согласуется с наблюдениями и распределение их орбит не может быть объяснено в рамках возмущений от известных тел Солнечной системы.

1. Теории происхождения и распределения ТНО

С момента обнаружения транснептуновых объектов начались попытки объяснения причин их современного распределения их орбит как по большим полуосям и эксцентриситетам, так и по наклонам. Последние годы ознаменовали собой появление множества теорий, объясняющих динамическую эволюцию пояса Эджеворта-Койпера. Сложности заключаются в том, что если рассматривать влияние всех планет, расположенных на современных орбитах, на классический пояс Койпера, то данные возмущения недостаточны для формирования наблюдаемого распределения транснептуновых объектов. Было исследовано влияние Нептуна и Урана на объекты классического пояса Койпера, расположенные на круговых орбитах и имеющие нулевые наклоны. Время интегрирования составило $4,9 \cdot 10^9$ лет, т.е. время жизни Солнечной системы. В результате не удалось получить объекты на сильноэллиптических орбитах, аналогичных орбите *2000CR105*, наклоны орбит исследуемых объектов не превысили 20° , однако, обнаружены объекты с наклоном орбиты, достигающим 45° . В соответствии с теорией, которую развили Дункан и Левисон [1], в заключительной стадии формирования Солнечной системы, образование Урана и Нептуна происходило по пути аккреции массивных планетазималиев в области между Юпитером и Сатурном. Нынешнее распределение транснептуновых объектов является следствием влияния эллиптиче-

То есть все обнаруженные резонансные объекты в области до 60 а.е. сохранились. При этом, наклоны тел достигли 36° . Это явилось следствием того, что в случае обратного движения планетоида, исследуемые тела испытывают достаточно кратковременное воздействие со стороны планеты и элементы их орбит не претерпевают существенного изменения. Но этого воздействия достаточно для изменения наклонов орбит этих тел. Действием одного только Нептуна столь высокие наклоны тел объяснить невозможно. При численном моделировании, как уже говорилось выше, Нептун способен вызвать наклоны объектов не выше 15° в то время как обнаружены объекты в резонансе с Нептуном 2:5 и наклонами до 30° . У обнаруженных объектов в резонансной области со значением большой полуоси в пределах 55–56 а.е. наклоны тел с перигелийным расстоянием до 35 а.е. действительно невелики и не превышают 10° , что объясняется тем, что эти объекты появились вследствие влияния Нептуна. Но наклоны объектов с большим перигелийным расстоянием достигают 30° , что может объясняться только внешним влиянием.

Заключение

Таким образом было показано, что ни одна модель новой планеты не в состоянии в полной мере объяснить распределение обнаруженных транснептуновых объектов. Таким образом, наиболее предпочтительным выводом будет предположение о том, что у транснептуновых объектов различная динамическая эволюция. Планета, расположенная на расстоянии порядка 60 а.е. не способна сформировать наблюдаемое распределение орбит тел. Как было продемонстрировано, планета на таком расстоянии или выбрасывает тела на сильноэллиптические орбиты со значением большой полуоси порядка 1000 а.е. или способствует захвату этих объектов Нептуном. При этом объекты со значением эксцентриситета больше 0,5 и перигелийным расстоянием в пределах 30–60 а.е. не появились в результате расчетов. На существование планеты на расстоянии порядка 60 а.е. настаивали Брунини и Мелита, но они в своей работе использовали упрощенные методы вычисления: вычисляли возмущения от планеты только в случае попадания объекта в поле действия планеты. Однако, в связи с тем что во внешней части Солнечной системы влияние Солнца и больших планет незначительно, то необходимо учитывать все возмущения, сколь малыми они бы не были.

Модель планеты, приходящей из облака Оорта также не дала ощутимого результата. Видимо времени, проводимого планетой вблизи планетной области недостаточно для формирования распределения, эквивалентного наблюдаемому.

Помещение планеты на 200 а.е. ($a = 200$ а.е., $q = 180$ а.е.) приводит к тому, что исследуемые объекты либо переходят на орбиты малым значением перигелийного расстояния (порядка 30 а.е.), либо с большим (порядка значения большой полуоси планеты). На расстоянии порядка 200 а.е. возмущения от Нептуна отсутствуют и поэтому в данной области объекты испытывают возмущения только от планеты. Под действием этих возмущений формируются объекты, орбиты которых напоминают орбиты *2000CR105* или Седны. (рис. 11). С другой стороны, под действием возмущений планеты на 200 а.е. невозможно получить так называемые *SDO*. Вполне возможно, что имеется много больше объектов с элементами орбиты аналогичными *2000CR105*, и можно с достаточной долей уверенности сказать, что у объектов на сильноэллиптических орбитах с большим значением большой полуоси динамическая эволюция отличается от эволюции так называемых *SDO*. Скорее всего, *2000CR105* и Седна получились вследствие действия массивного тела, находящимся на расстоянии порядка 200 а.е.

Наиболее предпочтительной является модель планеты, расположенной на расстоянии порядка 100 а.е. Если поместить планету несколько ближе ($a = 100$ а.е., $q = 85$ а.е.), то это приводит к тому, что планета выбрасывает тела из области резонанса 2:5. Однако, если наклон планеты положить равным 160° , в результате формируется распределение орбит объектов, практически эквивалентное наблюдаемому для тел на сильно эллиптических орбитах и для резонансов. Например, самый значительный резонанс с Нептуном 2:5. У объектов, движущихся в этом резонансе наклоны достаточно велики, однако, как уже упоминалось, Нептун не способен сформировать объекты со значением угла наклона орбиты больше 15° . Однако, в данной модели объекты, аналогичные *2000 CR105* или Седна не получились.

Таким образом, хотелось бы сделать несколько выводов. Скорее всего, в Солнечной системе имеется достаточно массивное тело, чтобы назвать его планетой. Похоже, что планета должна

совершать обратное движение, хотя это странно, поскольку у орбит всех планет Солнечной системы наклоны невелики. Вполне возможно, что большая полуось этой планеты порядка 100 а.е., а перигелийное расстояние порядка 85 а.е. Вполне возможно, что эта планета сейчас находится в афелии и обнаружить ее не представляется возможным. Довольно большим допущением будет являться предположение о существовании второй неизвестной планеты на расстоянии порядка 200 а.е. Как было продемонстрировано, ни одна модель планеты не в состоянии объяснить видимое распределение ТНО. Две планеты, одна из которых располагается на расстоянии порядка 90 а.е. и имеет обратное движение, а вторая располагается на расстоянии порядка 200 а.е. достаточно хорошо объясняют видимое распределение ТНО. Данный вывод вполне согласуется с предположением Радзиевского о существовании в Солнечной системе планеты с обратным движением и возможным существовании еще одной планеты на более удаленном от Солнца расстоянии [13]. В любом случае планету следует искать в той области, где будет наблюдаться избыточная концентрация перигелиев орбит обнаруженных ТНО.

Данная работа была поддержана грантами ИНГАС (00-240) и РФФИ-Урал (04-02-96042).

Литература

1. Thomes, E.W., Duncan, M.J., Levison, H.F. The Formation of Uranus and Neptune among Jupiter and Saturn // *Astron. J.* – 2002. – V.123. – P. 2862–2883.
2. Weissman P.R. The Kuiper belt // *Astr. And Astrophysics.* – 1994. V.215. P. 1–23.
3. Gladman B., Kavelaars J. ~J., Morbidelli A., Holman M.~J., Loredo T. The structure of the Kuiper belt: size distribution and radial extent // *Astron. J.* – 2001. – V.122. – P. 1051–1066.
4. Emel'yanenko V.V. Asher D. Bailey M.E. A new class of trans-Neptunian objects in high-eccentricity orbits // *Monthly Notices Royal Astronomical Society* – 2003. – V.338. – P.443–451.
5. Kobayashi, Hiroshi, Ida, Shigeru The Effects of a Stellar Encounter on a Planetesimal Disk // *Icarus.* – 2001. – V.153. – P.416–429.
6. Марочник Л.С. Свидание с кометой. – М.: Наука, 1985. – 82с.
7. Garryngton R.S. The location of planet X // *Astron.J.* – 1988. – V.96. – P. 1476–1478.
8. Brunini A. A theoretical dynamical limit of planet X's based on its perturbations on Uranus and Neptune // *Astron.Astrophys.* – 1992. – V.265. – P. 324–327.
9. Brunini A., Melita M.D. The existence of a planet beyond 50 AU and the orbital distribution of the CEKBO // *Icarus*, 2002. – V.160. – P. 32 – 43.
10. Morbidelli A., Jacob C. Planetary embryos never formed in the Kuiper belt // *Icarus.* – 2001. – V.152. – P.241–248.
11. Melita M.D., Brunini M. The edge of the Edgeworth-Kuiper belt // *Astron. J.* – 2002. – V.125. P. 1389–1397.
12. Воронцов-Вельяминов Б.А. Очерки о вселенной. – М.: Наука, 1980. – 175 с.
13. Радзиевский В.В. О существовании транс-плутоновых массивных тел с обратным движением // *Анализ движения тел Солнечной системы и их наблюдение, ЛатГУ.* – 1986. – С. 126–141.

Поступила в редакцию 10 сентября 2004 г.