Облако Оорта

Подготовила Числова Алёна 11-А

Облако Оорта — гипотетическая сферическая область Солнечной системы, служащая источником долгопериодических комет. Инструментально существование облака Оорта не подтверждено, однако многие косвенные факты указывают на его существование.

Предполагаемое расстояние до внешних границ облака Оорта от Солнца составляет от 50 000 до 100 000 а. е. — почти световой год. Это составляет почти четверть расстояния до Проксимы Центавра, ближайшей звезды к Солнцу. Пояс Койпера и рассеянный диск, две другие известные области транснептуновых объектов, в тысячу раз меньше облака Оорта. Внешняя граница облака Оорта определяет гравитационную границу Солнечной системы — сферу Хилла, определяемую для Солнечной системы в 2,0 св. года.

Облако Оорта, как предполагают, включает две отдельные области: сферическое внешнее облако Оорта и внутреннее облако Оорта в форме диска. Объекты в облаке Оорта в значительной степени состоят из водяных, аммиачных и метановых льдов. Астрономы полагают, что объекты, составляющие облако Оорта, сформировались около Солнца и были рассеяны далеко в космос гравитационными эффектами планет-гигантов на раннем этапе развития Солнечной системы.

Рисунок облака Оорта в разрезе является адаптацией иллюстрации Дональда К. Йоманса (NASA, JPL)

Хотя подтверждённых прямых наблюдений облака Оорта не было, астрономы считают, что оно является источником всех долгопериодических комет и комет галлеевского типа, прилетающих в Солнечную систему, а также многих кентавров и комет семейства Юпитера. Внешняя часть облака Оорта всего лишь является приблизительной границей Солнечной системы, и, таким образом, она легко может подвергаться воздействию гравитационных сил как проходящих мимо звёзд, так и самой Галактики. Эти силы иногда заставляют кометы направляться в центральную часть Солнечной системы. Исходя из их орбит, короткопериодические кометы могут происходить из рассеянного диска, а некоторые всё же и из облака Оорта. Хотя пояс Койпера и более удалённый рассеянный диск наблюдались и измерялись, объектами облака Оорта на данный момент можно предположительно считать только четыре известных объекта: Седну, 2000 CR105, 2006 SQ372 и 2008 KV42.

Гипотезы

Впервые идея существования такого облака была выдвинута эстонским астрономом Эрнстом Эпиком в 1932 году. В 1950-х, идея была независимо выдвинута нидерландским астрофизиком Яном Оортом как средство решить парадокс: в истории существования Солнечной системы орбиты комет непостоянны; в конечном счёте, динамика диктует, что кометы должны либо столкнуться с Солнцем или планетой, либо должны быть выброшены планетными возмущениями из Солнечной системы. Кроме того, их состав из летучих веществ означает, что, поскольку они неоднократно приближаются к Солнцу, излучение постепенно выпаривает их, пока кометы не распадаются или не развивается изолирующая корка, которая предотвращает дальнейшее выпаривание. Таким образом, рассуждал Оорт, кометы, возможно, не сформировались на их текущих орбитах и, должно быть, провели почти всё время своего существования во внешнем облаке.

Существует два класса комет: короткопериодические кометы и долгопериодические кометы. Короткопериодические кометы имеют сравнительно близкие орбиты, с периодом менее 200 лет и малым наклонением к плоскости эклиптики. Долгопериодические кометы имеют очень вытянутые орбиты, порядка тысяч а. е., и появляются со всех наклонений. Оорт отметил, что имеется пик распределения афелиев (наиболее удалённых от Солнца точек орбиты) у долгопериодических комет — примерно 20 000 а. е., который предполагает на этом расстоянии облако комет со сферическим, изотропным распределение. Относительно редкие кометы с орбитами менее 10 000 а. е., вероятно, пролетели один или более раз через Солнечную систему, и поэтому имеют такие орбиты, сжатые притяжением планет.

Структура и состав

Считается, что облако Оорта занимает обширную область от 2000—5000 а. е. вплоть до 50 000 а. е. от Солнца. Некоторые оценки помещают внешний край между 100 000 и 200 000 а. е. Эта область может быть подразделена на сферическое внешнее облако Оорта (20 000—50 000 а. е.) и внутреннее облако Оорта в форме тора (2000—20 000 а. е.). Внешнее облако слабо связано с Солнцем и является источником долгопериодических комет, и, возможно, комет семейства Нептуна. Внутреннее облако Оорта также известно как облако Хиллса, названное в честь Джека Хиллса, который предположил его существование в 1981 году. Модели предсказывают, что во внутреннем облаке в десятки или сотни раз больше кометных ядер, чем во внешнем; его считают возможным источником новых комет для пополнения относительно скудного внешнего облака, поскольку оно постепенно исчерпывается. Облако Хиллса объясняет столь длительное существование облака Оорта в течение миллиардов лет.

Внешнее облако Оорта, как предполагают, содержит несколько триллионов ядер комет, больших чем приблизительно 1,3 км (приблизительно 500 миллиардов с абсолютной звёздной величиной более яркой чем 10,9), со средним расстоянием между кометами несколько десятков миллионов километров. Его полная масса достоверно не известна, но, предполагая, что комета Галлея — подходящий опытный образец для всех комет в пределах внешнего облака Оорта, предполагаемая объединённая масса равна 3×1025 кг, или примерно в пять раз больше массы Земли. Ранее считалось, что облако более массивное (до 380 земных масс), но новейшие познания в распределении размеров долгопериодических комет привели к намного более низким оценкам. Масса внутреннего облака Оорта в настоящее время неизвестна.

Исходя из проведённых исследований комет, можно предположить, что подавляющее большинство объектов облака Оорта состоят из различных льдов, образованных такими веществами, как вода, метан, этан, угарный газ и циановодород. Однако открытие объекта 1996 PW, астероида с орбитой, более типичной для долгопериодических комет, наводит на мысль, что в облаке Оорта могут быть и скалистые объекты. Анализ соотношения изотопов углерода и азота в кометах как облака Оорта, так и семейства Юпитера показывает лишь небольшие различия, несмотря на их весьма обособленные области происхождения. Из этого следует, что объекты этих областей произошли из исходного протосолнечного облака. Это заключение также подтверждено исследованиями размеров частиц в кометах облака Оорта и недавним исследованием столкновения космического зонда Deep Impact с кометой Темпеля 1, относящейся к семейству Юпитера.

Происхождение

Считается, что облако Оорта является остатком исходного протопланетного диска, который сформировался вокруг Солнца приблизительно 4,6 миллиарда лет назад. В соответствии с широко принятой гипотезой объекты облака Оорта первоначально формировались намного ближе к Солнцу в том же процессе, в котором образовались и планеты, и астероиды, но гравитационное взаимодействие с молодыми планетами-гигантами, такими, как Юпитер, отбросило объекты на чрезвычайно вытянутые эллиптические или параболические орбиты. Моделирование развития облака Оорта от истоков возникновения Солнечной системы до текущего периода показывает, что масса облака достигла максимума спустя приблизительно 800 миллионов лет после формирования, поскольку темп аккреции и столкновений замедлился и скорость истощения облака начала обгонять скорость пополнения.

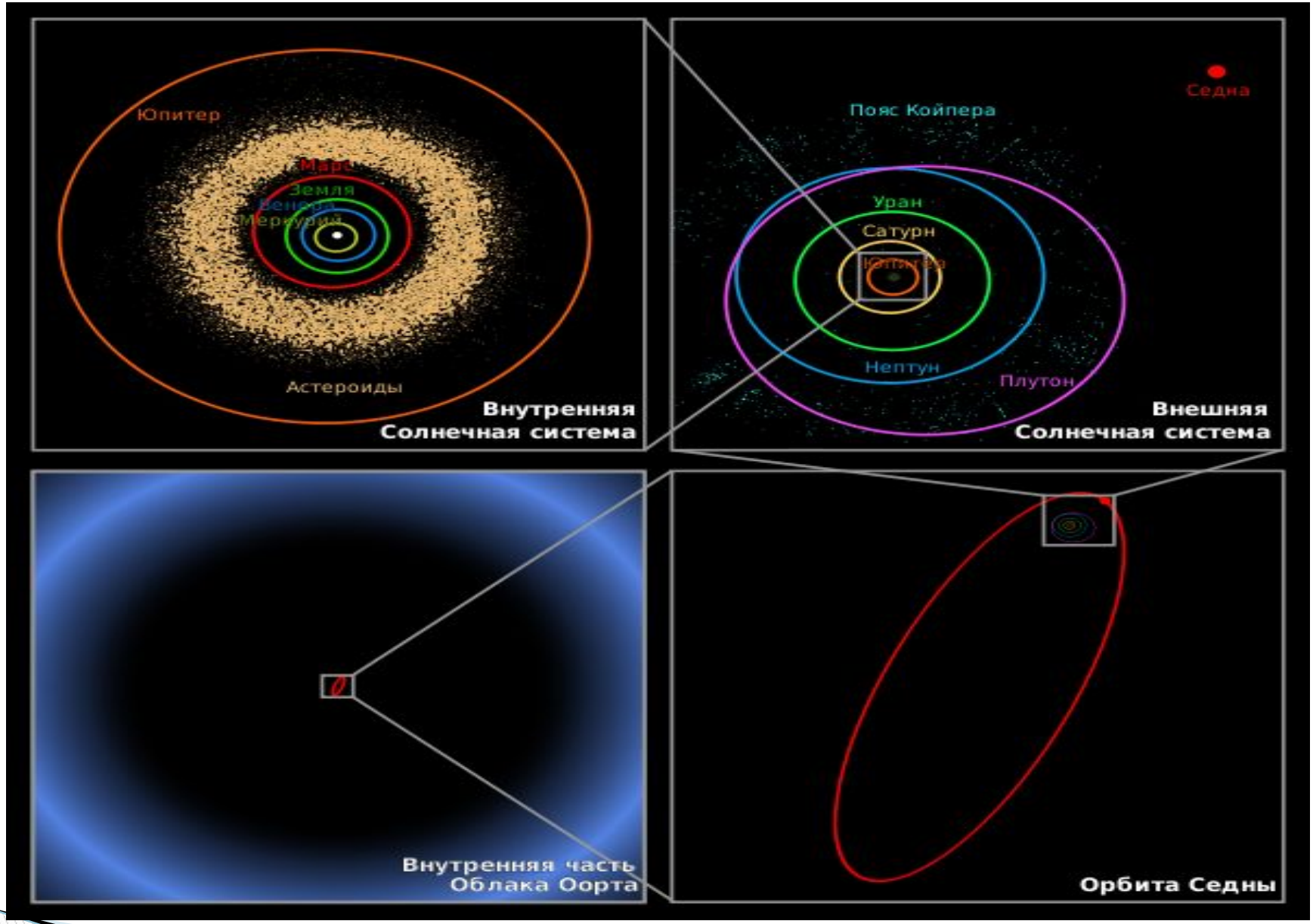
Модель Хулио Анхеля Фернандеса предполагает, что рассеянный диск, который является главным источником короткопериодических комет в Солнечной системе, также мог бы быть основным источником объектов облака Оорта. Согласно модели, приблизительно половина объектов рассеянного диска перемещена наружу в облако Оорта, в то время как четверть сдвинута внутрь орбиты Юпитера и четверть выброшена на гиперболические орбиты. Рассеянный диск, может быть, всё ещё снабжает облако Оорта материалом. В результате одна треть текущих объектов рассеянного диска, вероятно, попадёт в облако Оорта через 2,5 миллиарда лет.

Компьютерные модели показывают, что столкновения кометного материала во время периода формирования играли намного большую роль, чем считали ранее. Согласно этим моделям, количество столкновений в ранней истории Солнечной системы было настолько большим, что большинство комет было разрушено прежде, чем они достигли облака Оорта. Поэтому, текущая совокупная масса облака Оорта гораздо меньше, чем когда-то полагали. Предполагаемая масса облака составляет только малую часть выброшенного материала в 50—100 масс Земли.

Гравитационное взаимодействие с соседними звёздами и галактические приливные силы изменили кометные орбиты — сделали их более круглыми. Это объясняет почти сферическую форму внешнего облака Оорта. И облако Хиллса, которое сильнее связано с Солнцем, в итоге должно все же приобрести сферическую форму. Недавние исследования показали, что формирование облака Оорта определённо совместимо с гипотезой, что Солнечная система формировалась как часть звёздного скопления в 200—400 звёзд. Эти ранние ближайшие звёзды, вероятно, играли роль в формировании облака, так как в пределах скопления число близких проходов звёзд было намного выше, чем сегодня, приводя к намного более частым возмущениям.

Приливные эффекты

Считают, что текущие позиции большинства комет, замеченных недалеко от Солнца, объясняются гравитационным искажением облака Оорта приливными силами, вызванными Галактикой Млечный Путь. Так же, как приливные силы Луны изгибают и искажают океаны Земли, вызывая приливы и отливы, таким же образом галактические приливные силы изгибают и искажают орбиты тел во внешней Солнечной системе, притягивая их к центру Галактики. Во внутренней Солнечной системе эти эффекты незначительны по сравнению с гравитацией Солнца. Однако во внешней Солнечной системе тяготение Солнца более слабо и градиент поля тяготения Млечного пути играет намного более значимую роль. Из-за этого градиента галактические приливные силы могут исказить сферическое облако Оорта, растягивая облако в направлении галактического центра и сжимая его вдоль двух других осей. Эти слабые галактические возмущения могут быть достаточными, чтобы сместить объекты облака Оорта с их орбит по направлению к Солнцу. Пункт, в котором сила тяжести Солнца уступает своё влияние галактическому приливу, называют приливным радиусом усечения. Он находится в радиусе 100 000—200 000 а. е. и отмечает внешнюю границу облака Оорта.



Предполагаемое расстояние до облака Оорта по сравнению с остальной частью Солнечной системы

Некоторые учёные выдвигают теорию — возможно, галактические приливные силы способствовали формированию облака Оорта, увеличивая перигелий планетезималей с большими афелиями. Эффекты галактического прилива весьма сложны и сильно зависят от поведения индивидуальных объектов планетарной системы. Тем не менее, совокупный эффект может быть весьма существенным: происхождение до 90 % комет из облака Оорта может быть вызвано галактическим приливом. Статистические модели орбит наблюдаемых долгопериодических комет показывают, что галактический прилив — основной источник возмущений орбит, смещающий их к внутренней Солнечной системе.

Объекты облака Оорта

- Кроме долгопериодических комет, только у четырёх известных объектов имеются орбиты, предполагающие принадлежность к облаку Оорта: Седны, 2000 CR105, 2006 SQ372 и 2008 KV42. У первых двух, в отличие от объектов рассеянного диска, перигелии располагаются вне гравитационной досягаемости Нептуна, и, таким образом, их орбиты не могут быть объяснены возмущениями планет-гигантов. Если они сформировались в текущих областях нахождения, их орбиты должны были быть изначально круглыми. В других обстоятельствах аккреция (объединение малых тел в большое) не была бы возможна, потому что большие относительные скорости между планетезималями были бы слишком разрушительны. Их современные эллиптические орбиты могут быть объяснены следующими гипотезами:

1. Возможно, орбиты и размеры перигелия у этих объектов «подняты» проходом соседней звезды, в период, когда Солнце было все ещё в изначальном звёздном скоплении.

2. Их орбиты, возможно, были нарушены пока ещё неизвестным телом облака Оорта планетного размера.

3. Они, возможно, были рассеяны Нептуном во время периода особенно высокого эксцентриситета.

4. Они были рассеяны притяжением возможного массивного транснептунового диска на ранней эпохе.

5. Возможно, они были захвачены Солнцем при прохождении мимо меньших звёзд.

Гипотезы захвата и «поднятия», кажется, наиболее согласуются с наблюдениями.

18 августа 2008 года на конференции «Слоановский цифровой обзор неба: астероиды в космологии» астрономы Вашингтонского университета привели доказательства происхождения транснептунового объекта 2006 SQ372 из внутреннего облака Оорта.

Некоторые астрономы причисляют Седну и 2000 CR105 к «расширенному рассеянному диску», а не к внутреннему облаку Оорта.