

Экзопланеты

Доктор
физико-математических наук
Б.Е.Штерн

Возможность существования миров вне Солнечной системы всегда интересовала людей. Если бы этого интереса не было, человеческий род не стоил бы ни гроша: что может быть естественней, чем попытка понять, уникален наш мир или нет, попытки представить или даже найти другие обитаемые миры.

О том, как найти планеты у других звезд (экзопланеты), думали еще в XIX веке, тогда же появились первые заявки на открытия, которые позднее не подтвердились. Было немало ошибочных заявок и в XX веке. Первое наблюдение экзопланеты, которое позже получило подтверждение, было сделано в 1988 году канадскими астрономами (звезда γ Цефея). Однако оно было на грани чувствительности метода, в открытие не верили. Наличие планеты у Цефея было окончательно доказано лишь в 2002 году, когда открытие экзопланет стало рутинным делом (рис. 1).

В 1992 году надежно зарегистрировали планетную систему у пульсара. Это гораздо легче, чем найти планету у нормальной звезды: пульсар испускает строго периодические всплески радиополучения. Если скорость пульсара по лучу зрения (по направлению к нам) изменилась, фаза импульсов начнет смещаться. При этом можно отлавливать изменения скорости в десятки сантиметров в секунду (а почему происходят изменения скорости, объяснено ниже). Далее, если планет несколько, эти перемещения остается разложить на сумму кеплеровских орбит. Однако это не нормальные планеты, а нечто странное, ибо пульсар — нейтронная звезда, образовавшаяся при взрыве сверхновой. Нормальная планетная система при взрыве разрушается. Эти планеты образовались вокруг нейтронной звезды уже после взрыва — из части выброшенного вещества. Так что они — нечто совершенно экзотическое, не имеющее никакого отношения к вопросу о мирах, пригодных для обитания.

Прорыв в поиске экзопланет произошел в 1995 году. Сначала расскажем о методе, с помощью которого был совершен прорыв и который по сей день остается наиболее распространенным. Как и в случае с «пульсарными» планетами, он основан на измерении скорости по лучу зрения.

Звезда не стоит на месте

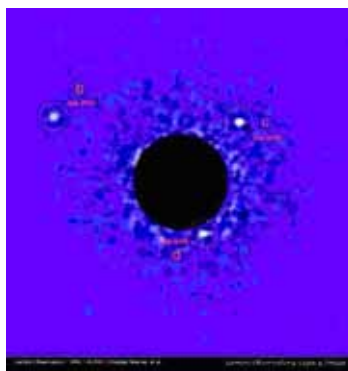
Планета и звезда вращаются вокруг общего центра тяжести. Солнце под влиянием всех планет описывает сложную траекторию, но главный элемент этой траектории — эллипс (почти круг) от тяготения Юпитера: скорость движения Солнца по этому кругу 12 м/с. Нельзя ли измерить эту скорость благодаря доплеровскому смещению спектра звезды: в случае Юпитера — на одну тридцатимиллионную длины волны? Проблема в том, что у обычной звезды нет точных частот, как у пульсара. Есть спектральные линии поглощения света в звездной атмосфере. Однако они довольно широкие. Звезда вращается, ее верхние слои и атмосфера в движении. Но главное — все атомы хаотически движутся со скоростями многие километры в секунду, поскольку атмосфера горячая. А надо почувствовать изменение средней скорости атмосферы звезды на метры в секунду. То есть вылавливать смещения спектра меньше, чем на одну тысячную ширины линий и одну стомиллионную длины волны.

Искать смещения спектра на одну стомиллионную «в лоб» — все равно что измерять микронные смещения рулеткой стометровой длины. Хитрость основана на том, что можно очень хорошо измерять искажения формы спектра, гораздо лучше, чем смещения. А чтобы смещения спектра искажали его форму, свет звезды пропускают через газ с сильно изрезанным спектром, например через пары иода. В спектрометр попадает суперпозиция спектров звезд

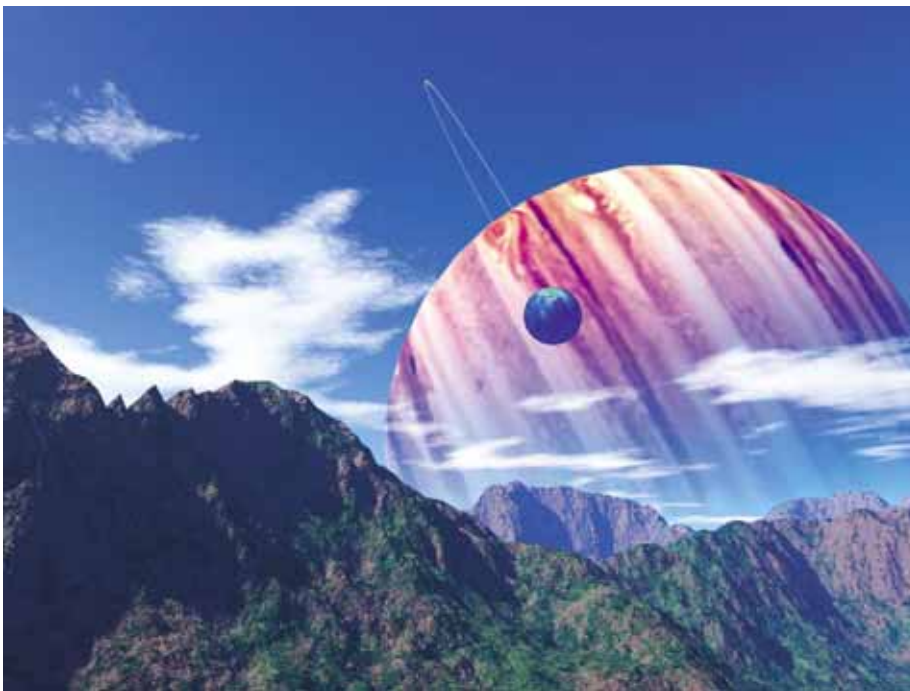
ды и иода. Первый гуляет туда-сюда, второй стоит на месте и не меняется: температура паров постоянна. Форма линии суперпозиции сильнее всего меняется там, где крутой склон линии звезды накладывается на крутой склон линии иода. Изрезанность обоих спектров гарантирует, что таких совпадений будет много и что небольшие смещения дадут измеримый эффект.

Двигается не только звезда, движется и наблюдатель, притом с гораздо большими ускорениями, поскольку сидит на более легком небесном теле. Из лучевой скорости звезды приходится вычитать движение Земли вокруг Солнца, возмущаемое Луной и всеми планетами Солнечной системы, а также суточное вращение Земли. Таким образом достигается точность около метра в секунду. Такова скорость человека, идущего прогулочным шагом. Напомним, это скорость бурлящей горячей звезды, измеренная с планеты, несущейся по сложной траектории с космической скоростью. Кстати, для этих измерений не нужны космические или даже рекордные наземные телескопы. К 1995 году достигнутая точность измерения лучевой скорости звезд была существенно ниже — 10—15 м/с. Этого было недостаточно, чтобы уверенно рассчитывать на быстрый успех: как уже говорилось, скорость движения Солнца вокруг общего центра тяжести с Юпитером — 12 м/с. Но действительность преподнесла подарок.

К 1995 году в поиске экзопланет лидировали две конкурирующие группы: Мишель Майор и Дидье Келос в университете Женева и Джеф Марси и Пол Батлер в университете Беркли. К осени



1 Система звезды HR8799 с тремя планетами, непосредственно наблюдаемыми в телескоп Кек в инфракрасном диапазоне. Расстояние от звезды до ближайшей планеты — примерно такое же, как от Солнца до Урана, до второй — как до Нептуна, третья, по нашим масштабам, находится за Плутоном. Кек I и Кек II — два десятиметровых телескопа на горе Мауна-Кеа (Гавайи, США), названные по имени Ховарда Кека, оплатившего строительство



www.scifiartposters.com/Tau1Gruis.htm

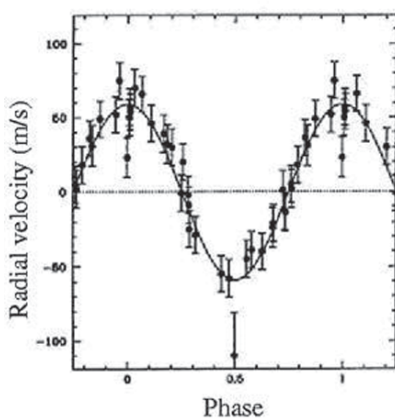


ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

Фантазия художника:
спутник планеты-гиганта, находящейся
в обитаемой зоне.

1995 года обе группы вели систематический поиск, причем, по словам Марси, их точность была лучше: именно они придумали ячейку с парами иода. Швейцарцы, впрочем, использовали похожую методику и 6 октября увидели периодические колебания лучевой скорости звезды 51 Пегаса, причем с огромной амплитудой — 60 м/с и очень коротким периодом — 4,2 дня (рис. 2). Такого никто не ожидал! Джеф Марси утверждает, что их группе не повезло: в каталоге, которым они пользовались, 51 Пегаса ошибочно значилась как вспыхивающая звезда, и они исключили ее из списка целей. Вероятно, это был действительно предмет везения, поскольку уже через две недели Марси и Батлер подтвердили открытие, причем с лучшей точностью.

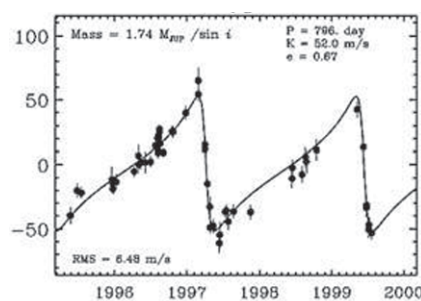
Но общественность поверила в открытие далеко не сразу. Уж очень неожиданным был результат. Он означал, что вокруг звезды, похожей на Солнце,



2
Кривая изменения лучевой скорости 51 Пегаса
(Майор и Келос, 1995). Вот так планета,
вращающаяся вокруг звезды, «дергает» ее

в 20 раз ближе, чем Земля к Солнцу, вращается огромная планета, сравнимая по массе с Юпитером. Откуда там взяться Юпитеру? Ведь звезда на таком расстоянии от себя испаряет всю протопланетную пыль, там ничего не может образоваться! Многие выдвинули предположение, что это — «дыхание» звезды, она сжимается и расширяется с периодом 4,2 дня. Споры были жаркими, но продолжались недолго: появились новые данные и пришла уверенность, что колебания лучевой скорости вызваны именно планетами. По словам того же Марси, когда видишь синусоиду — всегда остаются какие-то сомнения, может, действительно звезда дышит. Но когда они обнаружили асимметричную кривую, которая прекрасно объяснялась движением по сильно вытянутой орбите, сомнения отпали (рис. 3).

Большие планеты на маленьких орбитах весьма распространены, среди открытых экзопланет они составляют не менее четверти. Их прозвали «горячими юпитерами» за высокую равновесную температуру. Однако их легче всего находить, поэтому реальная доля горячих юпитеров должна быть значительно меньше; по оценкам, они есть у



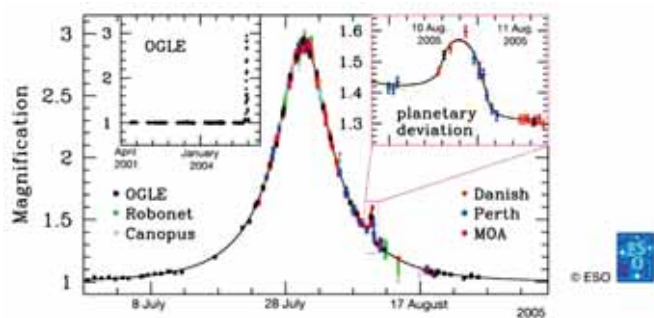
3
Кривая лучевой скорости звезды 16 Лебеда,
снятая Марси и Батлером. Асимметричная
форма объясняется сильно вытянутой
орбитой планеты

1–1,5% звезд, подобных Солнцу. Еще один неожиданный факт — много планет с сильно вытянутыми орбитами. Это тоже плохо согласуется как с тем, что мы видим у себя (все орбиты близки к круговым), так и с бытовавшими представлениями об образовании планетных систем.

Другие методы

Следующий по урожайности метод называется «транзитная фотометрия». Орбиты некоторых планет могут проходить через диск звезды, если смотреть с Земли. При этом яркость звезды чуть-чуть падает, что вполне поддается измерению. Недостаток метода в том, что вероятность проекции орбиты на звезду мала — тем меньше, чем больше орбита. Зато чувствительность метода выше: прохождение Земли по диску Солнца может быть уверенно зафиксировано с расстояния в десятки парсек. Кроме того, измеряется размер планеты, можно установить наличие колец и крупных спутников, даже получить спектральные линии атмосферы планеты. Сейчас по транзитам найдено 98 планет. Есть два специализированных спутника для поиска транзитов. Европейский COROT (зеркало 30 см, запущен 27 декабря 2006 года), американский «Кеплер» (зеркало 95 см, запущен 7 марта 2009 года). Стратегия поиска — смотреть в одну область неба, наблюдая порядка 100 тысяч звезд одновременно. К настоящему моменту COROT нашел 10 экзопланет, Кеплер — 5. По прикидкам, Кеплер должен обнаружить десятки планет земного типа, но для этого требуется время.

Более экзотический метод — гравитационное микролинзирование. Это хорошо известный эффект, используемый для поиска объектов, невидимых в телескоп. Когда тяготеющее тело и более далекая звезда оказываются на одном луче зрения, наблюдаемая яркость этой звезды многократно возрастает. Линзой может быть и обыкновенная звезда. Поскольку все звезды движутся, возрастание блеска длится относительно недолго, например несколько недель. Если у звезды-линзы нет планет, кривая



4
Яркость при микролинзировании
(пояснения в тексте)

блеска линзируемой звезды опишет симметричный пик. Если же у нее есть планеты, линза искажается, причем так, что появляются небольшие области дополнительного усиления, каустики. Когда далекая звезда проходит очень близко к каустике планеты, на склоне пика появляется дополнительный острый пик. Потом звезды расходятся, и событие не повторяется: следить за звездой в надежде увидеть новое событие микролинзирования бесполезно из-за ничтожной вероятности. Это недостаток метода. Но есть и достоинства. Во-первых, микролинзирование позволяет найти достаточно далекие от звезды и сравнительно небольшие планеты, которые не отлавливаются другими методами. Во-вторых, все вероятности хорошо считаются. Если проводить систематический обзор неба на предмет микролинзирования, то известно, какова вероятность найти планету данного типа. Поэтому по небольшому числу найденных планет можно вычислить распространенность. Методом микролинзирования найдено около 10 планет, причем они попадают в область, не покрываемую другими методами. В частности, найдена планета порядка пяти земных масс, находящаяся по отношению к своей звезде где-то между нашими Марсом и Юпитером.

На рис. 4 показано событие микролинзирования, которое привело к открытию суперземли OGLE-2005-BLG-390Lb (5,5 земной массы). Родительская звезда — красный карлик, находящийся близко к центру нашей Галактики (около 20 000 световых лет от нас). Размер орбиты — около 2,5 астрономической единицы. Температура на поверхности планеты весьма низкая — минус 220°C. Никаким другим методом наблюдать подобную экзопланету невозможно. Это открытие было сделано в 2005 году. Разными цветами показаны точки, снятые разными телескопами.

Есть и еще методы, менее урожайные, но имеющие свои преимущества. Прежде всего это прямое наблюдение планет, когда свет звезды блокируется с помощью коронографа. Легче увидеть

планету в инфракрасном диапазоне — именно в нем найдены две планетные системы. И еще одна планета найдена в видимом свете — у довольно яркой звезды Фомальгаут. Причем по двум снимкам, сделанным в разное время, видно, как планета сместилась, двигаясь по орбите. Преимущество метода — он позволяет увидеть планеты, далекие от звезды, которые практически невозможно обнаружить спектрометрическим методом и крайне маловероятно засечь по транзиту. Хотя, конечно, увидеть таким образом можно только планеты-гиганты (см. рис. на с. 9).

Подведем итоги

Обзор ситуации с поиском внесолнечных планет «Химия и жизнь» не так давно публиковала (2008, № 7). На начало марта 2010 года улов составляет 429 планет у 362 звезд. В 45 системах найдено не менее двух планет (рекорд — пять). Бросается в глаза огромное разнообразие и несоответствие былым представлениям о планетных системах. Большинство найденных планетных систем не только не похожи на Солнечную, но и вряд ли пригодны для жизни. Если в системе есть горячий Юпитер, значит, шансы на наличие планет земной группы невелики. Дело в том, что гигантская планета не могла появиться на тесной орбите — она могла лишь мигрировать туда из более холодных областей, порушив все на своем пути. Если имеется гигантская планета с сильно вытянутой орбитой, то орбиты остальных планет, сравнимые по размеру, будут нестабильными. Таких орбит довольно много: например, если орбита порядка земной или больше, то порядка половины из них имеют эксцентриситет больше 0,3.

Конечно, против систем типа Солнечной работает эффект наблюдательной селекции. Наша система в подобных наблюдениях была бы представлена одним Юпитером, причем обнаружить его было бы сложнее, чем большинство других уже найденных планет-гигантов с низкими орбитами.

Есть ли среди найденных систем подобные той, как выглядела бы наша? Есть, но всего несколько из 362. На самом деле с поправкой на наблюдатель-

ную селекцию их доля должна быть выше. У них вполне могут быть планеты земного типа на соответствующих орбитах. Обнаружены ли планеты со стабильными орбитами типа земной? Есть несколько штук, но это планеты-гиганты (до обнаружения аналога Земли дело еще не дошло). Однако если у этих гигантов имеются спутники, подобные спутникам Юпитера, на них возможна жизнь. Кроме газовых гигантов типа Юпитера найдено немало меньших по массе «ледяных гигантов» типа Нептуна. Наконец, есть несколько планет, названных «суперземлями», — они всего в несколько раз превосходят Землю по массе и, судя по всему, имеют сходный состав. Одна из этих суперземель вращается вокруг красного карлика в зоне, пригодной для жизни. Это Gliese 581 d (в системе есть еще четыре планеты). То, что звезда — красный карлик, несколько не вредит жизни; наоборот, она будет светить гораздо дольше, чем Солнце.

Большая часть звезд, у которых обнаружены планеты, близка по светимости к Солнцу. Если звезда гораздо ярче, она испаряет пыль далеко вокруг себя, а пыль — строительный материал для планет. У более тусклых звезд планет обнаружено не так много. Возможно, на самом деле планет у красных карликов не меньше, но эти планеты труднее обнаруживаются из-за малого размера.

Не белые ли мы вороны?

Чтобы попытаться осмыслить ситуацию и понять, редка или типична Солнечная система, имеющих данных недостаточно. Данные как будто бы говорят, что Солнечная система нетипична, но напомним, что есть эффект наблюдательной селекции. Надо еще осмыслить, как и почему образуются такие системы, какие мы наблюдаем, откуда берутся горячие юпитеры и вытянутые орбиты, при каких условиях можно ожидать, что образуется аналог Солнечной системы, а в каких — нечто совершенно непригодное для обитания.

Обнаруженные планетные системы не похожи на Солнечную, и в большинстве случаев они не подходят для жизни: аналога Земли со стабильной орбитой в них быть не может. Такие планетные системы легче обнаруживаются, чем копия нашей. Вопрос: насколько «уродливость» обнаруженных систем проистекает из наблюдательной селекции и насколько это — грустная правда космической жизни?

Несмотря на то что систем с горячими юпитерами обнаружено много, они не столь уж типичны. Гиганты с орбитальным периодом в несколько дней при современных методах обнаруживаются наверняка с расстояний до пары

сотен световых лет. И если у звезды не найдено горячего юпитера, значит, его там действительно нет. Оказывается, гиганты с периодом обращения в несколько дней есть только у 1—1,5% звезд, близких к Солнцу по светимости. Гиганты на орбитах, сравнимых с орбитами Меркурия или Венеры, обнаруживаются тоже достаточно легко: такие системы есть у 3—4,5% звезд. В этих системах жизнь весьма проблематична. Но в случае подавляющего большинства звезд остается полный простор для фантазии. А нельзя ли как-то ограничить этот простор с помощью теории?

Существовавшие ранее взгляды на образование планетных систем сложились под сильным влиянием единственного известного экземпляра. В теории образования Солнечной системы все логично: газово-пылевой протопланетный диск (рис. 5) становился все более плоским и структурированным, наподобие колец Сатурна. Все двигалось по круговым орбитам. Ближе к Солнцу — только пыль, подале — пыль, частицы льда и газ. За счет слипания частиц образуются глыбы, из них — зародыши планет (рис. 6, 7). Тяготение крупных зародышей становится заметным, и темп роста ускоряется. Поближе к звезде, где газа мало, образуются планеты земной группы, поодаль — твердые зародыши с массой в десятках земных стягивают на себя газ, вырастая в планеты-гиганты. Вдали от звезды, где газа чуть поменьше, образуются ледяные гиганты (Уран и Нептун). Процесс протекает не менее 10 миллионов лет, в результате образуется хорошо сбалансированная устойчивая система. Это, конечно, сильно упрощенная картина.

Пересмотр

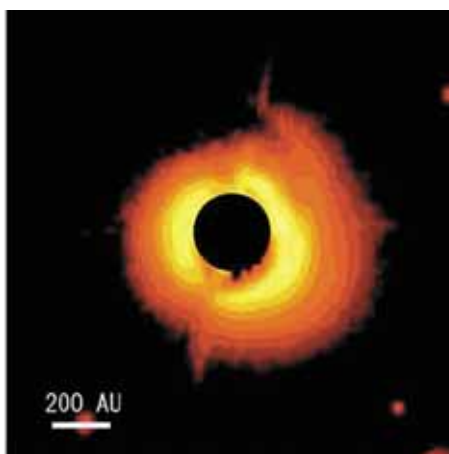
Теперь известных систем много, и они в эту картину не вписываются. Во-первых, горячие юпитеры. Там, где их находят, они образоваться не могли — звезда выметает весь строительный материал из этих областей. Их открытие стимулировало теорию: было понято, что планеты мигрируют. Образовавшись, планета выедает в диске кольцевую щель. Однако она взаимодействует с веществом диска за пределами щели, и если диск достаточно массивный, то орбита планеты начинает меняться. Как правило, она уменьшается, но иногда может и увеличиваться. Орбита меняется до тех пор, пока планета не мигрирует за пределы диска, например в ближайшую окрестность звезды, где все вещество выметено ее излучением и ветром. Там она и остается.

Второй радикальный переворот в представлениях пришел с пониманием того, что протопланетный диск вовсе не

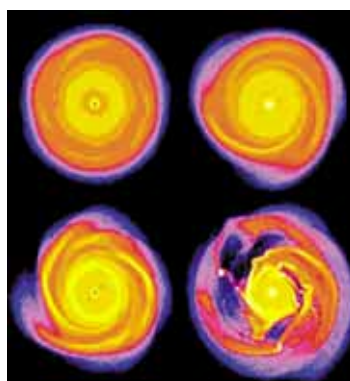
обязательно должен быть столь же идеален, как кольца Сатурна. Он может быть кривым (это наблюдают), он может быть неоднородным по азимутальному углу и даже иметь спиральные рукава,



5
Это не клякса, а протопланетный диск на фоне туманности Ориона. Снимок космического телескопа «Хаббл»



6
Протопланетный диск со спиральным рукавом и двумя бананоподобными образованиями вокруг звезды HD 142527. (сама звезда скрытана за черным кружком; из работы Fukagawa, M., Tamura, M., Itoh, Y., Kudo, T., Imaeda, Y., et al. 2006, Astrophysical Journal, 636, L153)

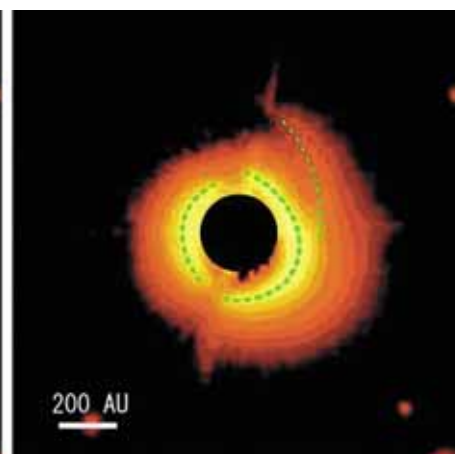


подобные галактическим. Алан Босс (Институт Карнеги, США) в 1997 году с помощью численного моделирования выявил образование спиральных рукавов в протопланетном диске и их уплотнение до той стадии, когда должна начаться гравитационная неустойчивость — прямой и быстрый коллапс больших облаков газа в планеты-гиганты без всяких твердых зародышей. Впоследствии численное моделирование proved to be the best solution, что позволило



ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ НАУКИ

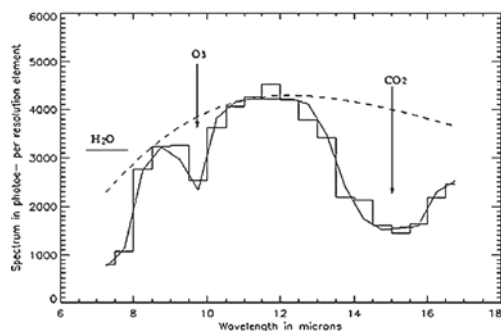
проследить процесс дальше. Представление о нем дает рис. 7, где показана эволюция диска за очень короткий промежуток времени — буквально за несколько орбитальных периодов. Видно



также, что скорость процесса очень сильно зависит от плотности диска: изменение на 10% радикально меняет картину. Итак, неустойчивость развивается мгновенно по астрономическим масштабам, и планеты-гиганты рождаются сразу многочисленными выводками, как видно из нижней правой картинке.

7
Результаты численного моделирования гравитационной неустойчивости в протопланетном диске. Размер диска — 20 астрономических единиц. В начале диск имеет осевую симметрию. Верхняя пара — результат для диска плотностью на 10% меньше, чем для нижней пары. Левые картинки — распределение плотности (показано цветом) через 160 лет, правые — через 350 лет. Из работы Lucio Mayer, Thomas Quinn, James Wadsley, Joachim Stadel, Science 2002, v. 298.

Рождением сразу многих гигантов дело не заканчивается — начинается взаимный «бильярд» за счет гравитационного взаимодействия планет. Они обмениваются импульсом, часть вырывается в открытый космос, пополняя множество свободно летающих планет, часть попадает на довольно близкие орбиты со сравнительно большим эксцентриситетом, каковые в основном и наблюдаются. В таком сценарии опять нет места жизни: земля, скорее всего,



8
Инфракрасный спектр планеты, идентичной Земле, каким его мог бы зарегистрировать космический комплекс «Дарвин»

будет выброшена со своей орбиты. А в каком сценарии место для жизни есть?

Для выживания планет земного типа на нужных орбитах плотность протопланетного диска должна быть не слишком велика — меньше, чем требуется для массового рождения планет-гигантов и процесса миграции к звезде. Но слишком малая плотность тоже не подходит. Дело не только в том, что должны образоваться планеты земного типа. Чтобы жизнь в системе могла существовать, отсутствия юпитера в ненужном месте мало — требуется также его присутствие в нужном месте, то есть на достаточно высокой орбите. Массивная планета в системе играет роль мусорщика, очищая внутренние области от «строительного мусора», оставшегося после формирования планет. Сейчас почти весь наш мусор — за орбитой Плутона в облаке Оорта. Без Юпитера интенсивность бомбардировки Земли кометами и астероидами была бы многократно выше.

Астрономы любят порассуждать о внеземной жизни (перечень некоторых таких рассуждений мы публиковали — см. «Химию и жизнь», 2009, № 9). Пригодные для жизни планетные системы возникают в каком-то диапазоне плотности протопланетного диска, когда планеты-гиганты образуются через формирование твердых зародышей в небольшом количестве. Насколько этот диапазон узок, пока сказать нельзя. Но, исходя из наблюдаемого избытка планетных систем, можно ожидать, что ближайшая Земля находится не на другом конце галактики, а в пределах одной-двух сотен световых лет. Казалось бы, какая разница? И в том и в другом случае она будет за пределами видимости и тем более досягаемости...

Увидеть другую Землю?

Аналог Земли на достаточно большом расстоянии может быть обнаружен методом транзитов. При этом можно примерно оценить ее размер — и все. Можно получить гораздо больше информации, однако на это уйдет гораздо больше средств. На это были направлены два проекта — европейский «Дарвин» и американский TPF (Terrestrial planet finder). «Дарвин» был закрыт в 2007 году, почти не начавшись, TPF — прак-

тически еще не начат. А что мы могли бы узнать о двойнике Земли с расстояния около 30 световых лет, если бы «Дарвин» был реализован?

«Дарвин» задумывался как космический интерферометр из нескольких инфракрасных телескопов, аналогичных уже запущенному «Гершелю». Проект основан на методе интерферометрического зануления света звезды. Если несколько таких телескопов, расположенных в десятках метров друг от друга, могут управляться с микронной точностью с помощью микродвигателей, можно добиться того, что свет от выбранной звезды будет почти полностью занулен, а свет планет, обращающихся вокруг нее, — нет. Самое важное — то, что при этом можно снять спектр планеты в инфракрасном диапазоне, и этот спектр расскажет о многом. На рис. 8 — расчетный спектр Земли, как если бы он был снят «Дарвином» с расстояния 10 парсек за 100 часов. Прекрасно видны молекулярные полосы поглощения CO₂, воды и, главное, озона. Такое количество озона (а значит, кислорода вообще) может быть, только если на планете есть жизнь. Дело в том, что кислород — очень активный элемент, он должен быть химически связан. Небольшое количество кислорода могут давать космические лучи, разбивая молекулы CO₂ или воды. Но обилие кислорода в атмосфере однозначно говорит о том, что на планете идет мощный и равновесный процесс. Нам известен только один такой процесс — жизнь.

Почти научная фантастика

Очень хотелось бы дожить до открытия внеземной жизни, но, судя по темпам развития проектов, надежды на это не много. Допустим, наши потомки найдут планеты с линиями поглощения молекул кислорода. Что дальше? В принципе эти планеты можно рассмотреть получше, затратив еще гораздо большие средства:

существует концепция массива космических телескопов, способного дать снимок земли с расстояния 30 световых лет с разрешением 25 x 25 пикселей.

А можно ли послать туда зонд? «Болванку», которая прибудет в тот район через миллион лет, — нет проблем. Но в принципе возможен и зонд, который долетит за исторический масштаб времени — тысячи лет и сможет передать на Землю информацию (если здесь еще останется тот, кто способен ее принять). Здесь очень много трудностей, но не принципиальных научных, а технологических, в принципе решаемых при больших затратах. Главная проблема в другом: человек — не такой биологический вид, у которого имеется естественная мотивация прилагать усилия ради далеких поколений. По крайней мере, современный человек.

Существовали ли вообще в истории проекты, рассчитанные на поколения вперед? Утопические теории при этом рассматривать не стоит — только практические, связанные с серьезной затратой усилий и средств. Хотя вот шведское адмиралтейство посадило на острове Висингсё в озере Веттерн дубовый лес. И на протяжении десятилетий нижние ветви у дубков обрубали, чтобы к 2000 году вырос стройный корабельный дубовый лес для шведского флота. И такой лес действительно вырос — сейчас туда валом едут туристы, вполне окупая затраты трехвековой давности. Это вселяет некоторую надежду.

Главный смысл многих масштабных проектов, если смотреть с большого расстояния, часто отличается от декларируемого. Допустим, ценой усилий группы государств, сравнимых с усилиями египтян по строительству пирамид, запущены несколько зондов к перспективным экзопланетам. Ядерные установки, плазменные двигатели, большие антенны и т. п. Основные данные ожидаются через тысячи лет, а каждый год приходят на Землю текущие рабочие данные. Заключается ли основной смысл проекта в тех долгожданных данных от экзопланет?

А может быть, главный смысл — в том, что, как подсказывает чутье, все это сильно повысит шансы на существование людей, способных принять и осмыслить отправленные зондами данные?

Более подробная статья Б.Е.Штерна, посвященная экзопланетам, публиковалась в двух номерах газеты «Троицкий вариант» (2010, № 49, 51).

