

## ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ГИПОТЕЗЫ О.Ю. ШМИДТА О ПРИРОДЕ ТВЕРДОГО ЯДРА ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ

Баренбаум А.А. (ИПНГ РАН)

Полвека назад О.Ю. Шмидт высказал мысль [1], что в центре планет-гигантов может находиться твердое ядро, аналогичное планетам земной группы. Данное предположение сегодня получает полное подтверждение [2].

В табл. 1 сопоставлены параметры ТКЛ-ядра и внешней конвективной оболочки планет-гигантов по данным двух расчетов. По результатам физико-математического моделирования внутреннего строения Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна [3, 4] и на основании гипотезы формирования этих планет в две стадии [5] в рамках космогонической концепции «Открытой Солнечной системы (КОСС)», предполагающей гибель планеты Фэзтон [2].

Таблица 1

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ПЛАНЕТ-ГИГАНТОВ

Основные параметры	Юпитер		Сатурн		Уран		Нептун	
	[3]	Табл.2	[3]	Табл.2	[4]	Табл.2	[4]	Табл.2
Масса ТКЛ - ядра	5.0	4.1	5.7	6.7	13.72	11.84	16.56	17.07
	18 %		17.5 %		15 %		3 %	
Масса оболочки	312. 8	313.7	89.3	88.4	0.88	2.76	0.51	0
	0.3 %		1.0 %		–		–	
Компонентный состав оболочки (%)	ТК - 3.7 Л - 16.0 Г - 80.3		ТК – 1.4 Л – 24.0 Г – 74.6		ТКЛ - 10 Г – 90		ТКЛ – 10 Г – 90	

ТК – твердая компонента, Л – льды, Г – газы. Все массы выражены в единицах массы Земли. Расхождения обоих расчетов указаны в %.

### 1. Физико-математическое моделирование

Модели Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна [3, 4] построены таким образом, что отвечают известным из наблюдений значениям масс, радиусов, периодов осевого вращения, а также вторых и четвертых гравитационных моментов каждой из планет.

Из этих моделей следует, что планеты-гиганты как минимум двухслойны. Они состоят из центрального твердого ядра и окружающей его газо-жидкой конвективной оболочки. Наряду с газами  $H_2$ ,  $He$ ,  $Ne$  и др. (Г-компонента) в состав планет обязательно должно входить некоторое количество льдов веществ средней летучести  $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $NH_3$  и др. (Л-компонента), а также тяжелых нелетучих соединений преимущественно в виде оксидов  $Si$ ,  $Mg$ ,  $Fe$ , не окисленного железа и  $Fe-Ni$  сплава (ТК-компонента). В зависимости от температуры конденсации этих веществ, состав и соотношение ледяной и газовой компонент в конвективной оболочке планет может меняться, а центральное ядро будет содержать разное количество Л-компоненты.

Физические модели планет-гигантов также свидетельствуют, что входящее в их состав ТК-вещество наряду с центральным ядром должно присутствовать в рассеянном виде и в газо-ледяной оболочке. При переходе от Юпитера к Сатурну и далее к Урану и Нептуну масса центрального ядра и его доля в составе планет неуклонно растут, а содержание ТК-материала в оболочке снижается.

### 2. Расчет на основе КОСС

В концепции КОСС предполагается, что вследствие гибели Фэзтона, приведшей к образованию пояса астероидных тел, с этими телами происходили интенсивные столкновения комет

струйных потоков Галактики. В результате чего с внешней стороны пояса астероидов возник вторичный газопылевой диск Солнца, из вещества которого и сформировались планеты-гиганты.

Первоначальные массы планет, а также изменения этих масс после гибели Фэтона могут быть установлены с помощью приема, показанного на рис. 1, где приведена зависимость распределенной массы вещества Солнечной системы от гелиоцентрического расстояния. Распределенная масса определена как  $\rho_i(R_i) = M_i/R_i^3$ , где  $M_i$  и  $R_i$  масса и удаление от Солнца отдельных планет [6].

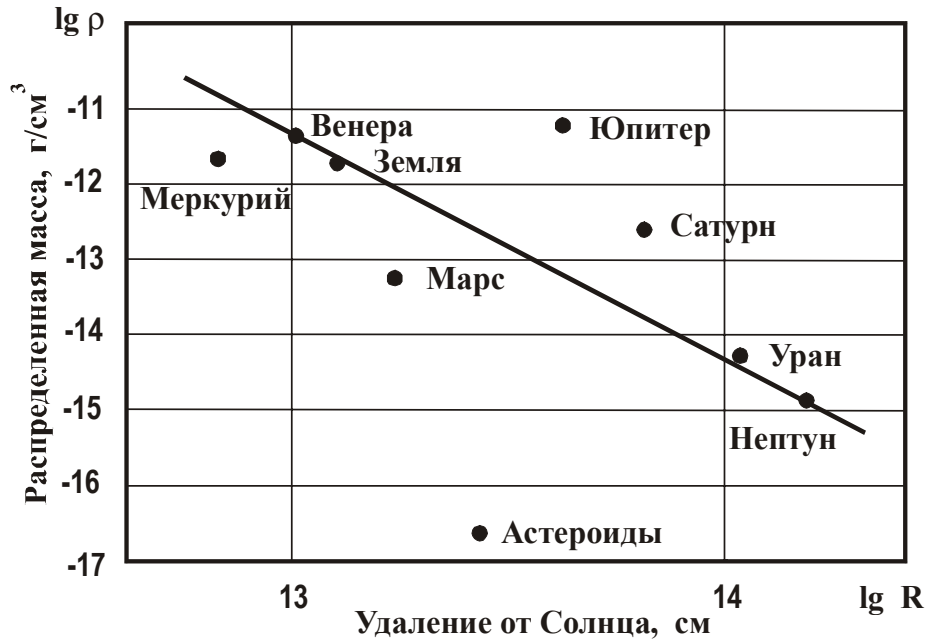


Рис.1. Распределенная масса вещества Солнечной системы.

Разделительной линией, позволяющей найти массы планет на первой стадии образования, служит прямая линия, проходящая через точки Венеры, Земли, Урана и Нептуна. Эта линия проведена с таким расчетом, чтобы удовлетворить сразу трем требованиям: 1) постоянству масс Венеры и Нептуна  $M_i = M_i'$  до и после гибели Фэтона; 2) степенной зависимости функции  $\rho(R)$  на первом этапе планетообразования и 3) экспоненциальному уменьшению массы вещества  $\Delta M_i = M_i' - M_i$ , захваченной внешними к поясу планетами, с их удалением от кольца.

Вычисленные на основе такой интерпретации массы планет до гибели Фэтона  $M_i'$ , а также абсолютные  $\Delta M_i = M_i' - M_i$  и относительные  $M_i'/M_i$  изменения этих масс по сравнению с современными значениями  $M_i$  приведены в табл. 2.

Таблица 2  
МАССЫ ПЛАНЕТ НА ПЕРВОМ И ВТОРОМ ЭТАПАХ ОБРАЗОВАНИЯ,  $10^{27}$  Г

Планета	Современная масса $M_i$	Начальная масса $M_i'$	Изменение массы $\Delta M_i$	Отношение масс $M_i'/M_i$
Меркурий	0.333	2.88	-2.56	0.116
Венера	4.87	4.87	0	1
Земля	5.97	6.37	-0.4	0.937
Марс	0.642	8.96	-8.32	0.072
Фэтон	0.0042	14.75	-14.75	$2.85 \cdot 10^{-4}$
Юпитер	1899	24.43	+1874.6	77.72
Сатурн	568	40.06	+528	14.18
Уран	87.2	70.72	+16.5	1.23
Нептун	102	102	0	1
Плутон	0.66	-	-	-

Предполагается, что изначально массы планет кроме Плутона отвечали степенной зависимости, унаследованной с протопланетной стадии. Однако после гибели Фэтона многие планеты Солнечной системы претерпели изменения, которые отразились на их массе, строении и среднем составе вещества.

Венера и Нептун, находившиеся на достаточно большом удалении от Фэтона, практически не изменили свои массы. К этим двум планетам примыкают Земля и Уран, изменившие их относительно слабо.

В отличие от этих четырех планет все другие планеты Солнечной системы после гибели Фэтона изменились гораздо сильнее, что привело к смещению их положений на рис. 1 от разделительной линии. Отклонение вверх от этой линии было связано с захватом планетами нового вещества – в основном испарявшихся и выбрасываемых из кольца кометных газов и обломков астероидов, а смещение вниз, наоборот, с потерей планетами собственной массы. Таким образом, в то время как внешние планеты (Юпитер, Сатурн и Уран) набирали новое вещество и обзаводились системами спутников, внутренние планеты за исключением Венеры теряли собственную массу.

Чем ближе находилась планета к кольцу астероидов, тем большую массу газопылевого вещества она захватила. Из-за большей удаленности от кольца Нептун присоединил к себе этого вещества крайне мало, Уран – больше, и более всего Сатурн и особенно Юпитер.

В табл. 2 приведены массы ядра и оболочки Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, найденные в предположении, что после гибели Фэтона эти планеты, имея массу  $M_i'$ , приобрели  $\Delta M$  нового вещества, ставшего их оболочкой.

### 3. Обсуждение результатов и выводы

Сопоставление данных табл. 1 показывает, что постулируемый в КОСС двух стадийный механизм образования планет-гигантов хорошо объясняет особенности вещественного состава и внутреннего строения этих планет. Отклонения от «точных» моделей планет-гигантов хотя и имеются, однако, во всех случаях они малы. Для более массивной оболочки эти отклонения составляют 0.3% у Юпитера, 1% – у Сатурна, 15% – Урана и 3% – Нептуна.

В этой связи заметим, что модели [3, 4] – это численные решения обратной задачи, состоящей в определении характеристик внутреннего строения планет-гигантов по их внешним физическим параметрам. Такие решения, как известно, далеко не всегда оказываются однозначными и тем более точными.

Столь хорошее согласие значений масс оболочек, полученных на основе двух принципиально разных подходов, на наш взгляд, не может быть просто случайным совпадением. С одной стороны, оно должно свидетельствовать о вполне высокой точности теоретических расчетов, а с другой – может рассматриваться в качестве важного аргумента в пользу правильности нашего сценария двух стадийного формирования планет-гигантов.

Принимая во внимание способ образования современных Юпитера, Сатурна и Урана, их центральными ядрами, в соответствии с гипотезой О.Ю. Шмидта [1], должны выступать планеты, сформировавшиеся еще на первой стадии эволюции Солнечной системы.

Результаты расчетов [3, 4], интерпретируемые с позиций КОСС, позволяют отметить еще одно важное обстоятельство. Оно состоит в том, что среди захваченного Юпитером и Сатурном вещества, вошедшего впоследствии в их оболочку, заметную долю, вероятно, составляли скальные обломки пород Фэтона. Согласно данным табл. 1, с удалением от кольца количество таких обломков снижается от 3.7% в оболочке Юпитера до 1.4% в оболочке Сатурна.

### Литература

1. Шмидт О.Ю. Четыре лекции по теории происхождения Земли. М.: Изд-во АН СССР. 1957.
2. Баренбаум А.А. Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция. М.: ГЕОС. 2002, 393 с.
3. Гудкова Т.В., Жарков В.Н., Леонтьев В.В. Модели Юпитера и Сатурна с двухслойной молекулярной оболочкой // *Астрономический вестник*. 1988. Т.22. №3. С.252-262.
4. Гудкова Т.В., Жарков В.Н., Леонтьев В.В. Модели Урана и Нептуна с частично перемешанными оболочками // *Астрономический вестник*. 1988. Т.22. №1. С.23-40.
5. Камерон А. Образование внешних планет и спутников // *Спутники планет* / Под ред. Дж. Бернса. М.: Мир. 1980. С.506-516.

6. Альвен Х., Аррениус Г. Эволюция Солнечной системы. М.: Мир. 1979.

---

*Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003*

*Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)*

*URL: [http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h\\_dgggms/1-2003/informbul-1/planet-6.pdf](http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/planet-6.pdf)*

*Опубликовано 15 июля 2003 г.*

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна