

АСТРОНОМИЯ

Академик О. Ю. ШМИДТ

О ПРОИСХОЖДЕНИИ АСТЕРОИДОВ

Астероиды, эти малые планетообразные тела, обращающиеся вокруг Солнца по орбитам, расположенным, главным образом, между орбитами Марса и Юпитера, обычно рассматриваются как тела, заполняющие «пробел» в известном эмпирическом правиле Тициуса — Боде о планетных расстояниях. Гипотеза Ольберса об их происхождении путем разрыва ранее существовавшей между Марсом и Юпитером «обычной» планеты держится до наших дней, несмотря на отсутствие у нее серьезного обоснования.

Недавно В. Г. Фесенков ⁽¹⁾ сделал попытку оживить гипотезу Ольберса, предположив, что планета-родоначальница имела сильно эксцентричную орбиту и во время одного из оборотов подошла настолько близко к Юпитеру, что притяжение последнего нарушило давление в недрах планеты, вследствие чего скачком повысилась температура, и планета взорвалась.

Однако и этот вариант гипотезы Ольберса находится в противоречии с рядом фактов. Во-первых, орбиты планет не обладают большими эксцентриситетами, а близки к кругам; это явление, как показано нами ^(2, 3), закономерно вытекает из образования планет путем объединения мелких частиц. Во-вторых, действие притяжения Юпитера не может привести к взрыву, так как адиабатическое расширение планетного вещества сопровождается его охлаждением, а не разогревом. В-третьих, разнообразие орбит астероидов, как известно, не может быть объяснено одним взрывом.

Стремление искать происхождение астероидов в распаде одной единственной относительно крупной планеты можно до известной степени понять, если вспомнить об исследованиях Роша, а затем и Джинса, показавших невозможность образования небольших тел из газовой среды. Но теперь, когда выяснено, что планеты возникли из газовой пылевой среды, когда показана возможность образования из такой среды тел астероидных размеров ⁽⁴⁾, нет оснований настаивать на образовании астероидов путем взрыва или распада планеты-родоначальницы.

В свете развиваемой нами теории происхождения планет отпадает необходимость в каких бы то ни было специальных гипотезах о происхождении астероидов, так как их своеобразие вытекает из установленных теорией общих закономерностей.

Работы советских космогонистов ⁽³⁻⁵⁾ объяснили причину разделения планет на две группы, резко отличающиеся как по массам планет, так и по плотностям, а именно группу «земных» планет (от Меркурия до Марса) — сравнительно небольших, но обладающих большой плотностью (от 4 до $5\frac{1}{2}$ г/см³), и группу планет-гигантов (от Юпитера до Нептуна), гораздо более массивных (от $14\frac{1}{2}$ до 318 земных масс), но менее плотных (от 0,7 до $1\frac{1}{2}$ —2 г/см³). Были указаны причины, которые привели к тому, что во внутренней части допланетного роя ока-

залось много меньше материи, чем в области планет-гигантов. Наиболее эффективной из этих причин было различие в прогревании частиц солнечными лучами, которое обусловило отсутствие замерзших летучих веществ в составе прогретых частиц.

Для случая прозрачного пространства подсчеты равновесной температуры черного или серого тела, находящегося на расстоянии R астр. ед. от Солнца, дают

$$T = \frac{278^\circ K}{\sqrt{R}} \quad \text{и} \quad T_1 = \frac{393^\circ K}{\sqrt{R}}.$$

Первая формула относится к малым, насквозь прогреваемым телам (например, пылинкам), вторая — к центру освещенного полушария более крупных тел (например, астероид или планета, лишенная атмосферы), у которых теплота, полученная от Солнца, не успевает распространиться по всему телу, а излучается тут же на месте поступления.

Рассмотрим температуру частиц роя на тех этапах его эволюции, когда пространство можно было считать прозрачным. Применяя первую формулу к твердым частицам в районе земной орбиты ($R = 1$), мы видим, что они прогревались более чем до 0°Ц , так что такие распространенные летучие вещества, как метан или аммиак, не могли на них намерзнуть и находились в газообразном состоянии. На расстоянии Юпитера температура была — 150°Ц , и упомянутые легкие соединения, в зависимости от их парциального давления, либо намерзали на частицах, либо медленно испарялись. Но на том этапе эволюции роя, когда он был непрозрачным, когда температура частиц в этой зоне была еще значительно ниже, намерзание происходило практически при любом парциальном давлении. Это и привело к указанному выше различию в плотностях и массах двух групп планет.

Орбиты астероидов в большинстве располагаются в поясе около среднего расстояния в 2,8 астр. ед. от Солнца. Там, по приведенной выше формуле, температура частиц близка к -100°Ц . При еще меньших температурах частиц, имевших место на стадии непрозрачности роя, метан и аммиак могли находиться в твердом состоянии в виде «льдов», так что по составу твердых частиц область астероидов примыкала к области планет-гигантов. Однако к возникшим от объединения мелких частиц крупным телам необходимо приложить уже вторую формулу. Она для расстояния $R = 2,8$ дает $T_1 = -38^\circ \text{Ц}$. Это значит, что хотя в районе астероидов в свое время и могли существовать «ледяные» частицы, но, объединившись в более крупные тела, эти «льды» должны были начать испаряться, так что практически в состав планеты в этом районе могли бы войти только более тугоплавкие вещества, как и у Земли, с прибавлением, быть может, большего количества воды. Таким образом, с точки зрения процесса образования крупных тел, пояс астероидов относится к области планет земной группы, обедненной материей, могущей войти в состав таких тел. Если бы там образовалась одна планета, она была бы небольшой, похожей на Землю и Марс, а не на Юпитер.

Но единая планета там не могла образоваться. Процесс планетообразования в этом поясе остановился на промежуточной стадии более мелких тел. Это обусловлено близостью массивного Юпитера и отмеченными выше особенностями температуры и состава тел, образующихся в этой зоне.

Образование планет начинается с возникновения многочисленных тел астероидных размеров («зародышей» планет), растущих путем присоединения частиц и дробящихся при взаимных столкновениях. Закономерности процесса роста, отображенные в закономерности планетных расстояний, не допускают образования двух крупных тел, движущихся

по близким друг к другу компланарным орбитам ⁽³⁾. Еще на ранних стадиях эволюции протопланетного роя возмущения растущего Юпитера оказали существенное влияние на движение тел, возникших в поясе астероидов, увеличив средние эксцентриситеты и наклоны их орбит и тем самым воспрепятствовав их объединению. При движении тел по почти круговым компланарным орбитам скорость их роста оказывается большей скорости их разрушения. Но при увеличении эксцентриситетов и наклонов, т. е. при увеличении относительных скоростей, начинает преобладать процесс дробления.

Граничное положение пояса астероидов, приводящее к тому, что изменение температуры частиц в процессе их объединения в крупные тела сопровождалось существенным изменением химического состава, помогло возмущениям Юпитера оказать свое действие. Испарение летучих веществ из образующихся тел приводило к их распаду, либо, уменьшая их прочность, способствовало дроблению при столкновениях. Тем самым испарение замедлило процесс образования крупных тел в поясе астероидов и дало время возмущениям от Юпитера изменить их орбиты.

В настоящее время суммарная масса астероидов оценивается в 10^{-3} земной массы. Вследствие дробления астероидов (при столкновениях друг с другом и с более мелкими метеорными телами) и выпадения мелких обломков на Солнце (в результате радиативного торможения) суммарная масса астероидов непрерывно убывает и в прошлом она была больше, чем теперь. Однако есть основания считать, что она всегда была небольшой. Во-первых, массивный Юпитер поглощал залетающие в его зону частицы из соседних зон, тем самым обедняя их. Во-вторых, возмущая движение тел и частиц, движущихся в зоне астероидов, Юпитер препятствовал их объединению, давая время проявиться эффекту радиативного торможения, сдвигавшему мелкие частицы из пояса астероидов в сторону Солнца.

На огромную роль этих факторов в поясе астероидов указывает тот факт, что даже в зоне Марса, расположенной значительно дальше от Юпитера, заметно проявилось действие столь массивного соседа, обусловившее небольшую массу Марса.

Таким образом, астероиды не являются последствием взрыва или распада крупной планеты, а являются телами, для которых процесс объединения частиц протопланетного роя остановился на промежуточной стадии вследствие положения их области на границе двух планетных семейств разного состава и разных масс и затем повернул вспять — от преобладания объединения частиц и тел к преобладанию дробления и разрушения.

Геофизический институт
Академии наук СССР

Поступило
5 IV 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Г. Фесенков, Сбор. Вопросы космогонии, 1, стр. 92, 1952. ² О. Ю. Шмидт, Изв. АН СССР, сер. физ., 14, № 1 (1950). ³ О. Ю. Шмидт, Четыре лекции о теории происхождения Земли, Изд. АН СССР, 1950. ⁴ Л. Э. Гуревич, А. И. Лебелюнский, Изв. АН СССР, сер. физ., 14, № 6 (1950). ⁵ Б. Ю. Левин, Природа, № 10 (1949).