

ПОЧЕМУ ЭКВАТОР ЛУНЫ СОВПАДАЕТ С ПЛОСКОСТЬЮ ЭКЛИПТИКИ?

Ю.Н.Авсюк, З.П.Светлосанова

Объединенный институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва

Вестник ОГГГГН РАН № 5 (15) 2000 т.1

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/5-2000/planet1

Ответить на поставленный в заглавии статьи вопрос можно при детальном обсуждении приливного воздействия Земли и Солнца на Луну.

Исследование приливных сил – это раздел небесной механики тел, имеющих геометрические размеры. Последовательность изучения приливных сил подобна последовательности изучения орбитального движения, принятой в небесной механике. В первом приближении дается описание приливной силы в случае невозмущенного (кеплерова) движения исследуемого и внешнего тела (задача двух тел). Затем дается описание приливной силы в случае возмущенного, соответствующего фактическим материалам наблюдений, орбитального движения исследуемого тела (задача n -тел).

И. Ньютоном было дано в геометрических образах полное описание приливной силы, т.е. члены, соответствующие кеплерову движению, плюс возмущения [1]. П.С. Лаплас дал в аналитической форме описание приливной силы только для случая невозмущенного (кеплерова) движения исследуемого и внешнего тела (задача двух тел).

В современный научный обиход вошла формула Лапласа, характеризующая приливную силу для пар: Земля–Луна, Земля–Солнце, Земля–Венера, или Луна–Земля, Луна–Солнце, Луна–Юпитер и т.д.

Суммирование приливных сил, соответствующих парным взаимодействиям, дает неполное описание силового воздействия. Это недопустимо, особенно при обсуждении приливных процессов на Луне, где невозмущенная часть воздействия Земли и Солнца оценивается величинами $1.2 \cdot 10^{-3} \text{ см/с}^2$ и $0.7 \cdot 10^{-5} \text{ см/с}^2$, а возмущенная часть превосходит их по модулю и равна $1.5 \cdot 10^{-3} \text{ см/с}^2$. Поэтому сопоставление сейсмической активности Луны с вариациями приливного воздействия Земли и Солнца на Луну, вычисленными по формуле Лапласа, не выявляло их взаимосвязанности. После введения в описание приливной силы возмущений от Солнца (согласно И.Ньютону) достаточно убедительно устанавливается причинно-следственная связь приливного воздействия с проявлением активности глубинных (800–1000 км) и приповерхностных (25–300 км) очагов (см. Рис. 1) [2, 3, 4].

Периодически изменяющуюся приливную силу в масштабах геологической шкалы времени (сотни миллионов лет) можно рассматривать как «вибрацию». Поэтому фигура небесного тела, формируемая осевым вращением, запечатлевает и направленность действующей «вибрации». Доминирующие гармоники приливной силы приурочены к плоскости эклиптики, где величина

возмущения от Солнца максимальна. Следовательно, тенденция формирования фигуры Луны имела предпочтительную направленность.

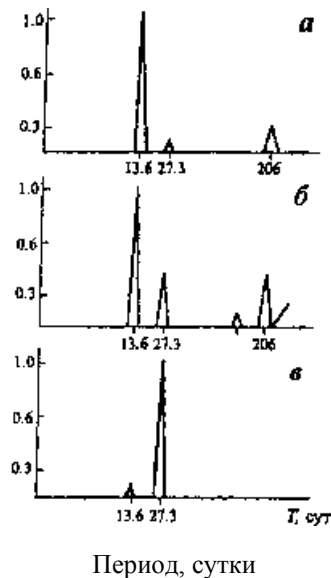


Рис. 1. Сопоставление спектров основных приливных волн, рассчитанных по формуле Лапласа (в), рассчитанных по формуле Ньютона (а), со спектром повторяемости лунотрясений, зарегистрированных во время эксперимента «Аполлон» с 21.04.72 по 21.05.74. (б)

В пользу первоначально быстрого осевого вращения Луны и приливного прогрева ее внутренних областей на начальных этапах образования системы Земля–Луна говорит наличие значительного магнитного поля возраста 4.0–3.7 млрд. лет. Механический прогрев (т.е. тепловые потери, сопутствующие циклическим деформациям) способствовал началу торможения осевого вращения Луны и ее выходу почти на синхронный режим вращения примерно 3 млрд. лет назад, о чем можно судить по падению намагниченности от 0.3 до 0.05 эрстед. За время с 4.0 до 3.0 млрд. лет у Луны была существенно потеряна угловая скорость вращения, и при начавшемся остывании (вулканическая активность закончилась 3.3 млрд. лет назад) сформировалась современная фигура Луны. Так как экватор Луны лежит в плоскости эклиптики, фигура Луны образовалась под условием, что солнечное воздействие больше земного. Смещение центра масс Луны относительно ее геометрического центра на 3 км по направлению к Земле, а также базальтовые излияния только на ее видимой с Земли стороне, косвенным образом говорят в пользу перемещения расплава под воз-

действием пертурбационных членов приливного воздействия Солнца на Луну.

Отсутствие складчатых гор на Луне указывает, скорее всего, на тот факт, что мощное воздействие Солнца на интервалах времени от 4.0 до 3.0 млрд. лет полностью сформировало и сориентировало фигуру Луны в плоскости эклиптики, и влияние Земли не вносило последующей коррекции.

Все эти реконструкции, конечно, дискуссионные. Но несомненно одно, что ранние этапы эволюции могли проходить на значительном удалении Луны от Земли, превышающем современный размер орбиты. Поэтому на начальных этапах преобладало приливное воздействие на внутренние области, изменение агрегатного состояния которых обусловило потерю осевого вращения и постепенный спад мощности процесса механического разогрева.

Пример с Луной наглядно демонстрирует, что традиционные, устоявшиеся рекомендации вычисления приливной силы необходимо аккуратно проанализировать в рамках динамики, а не пользоваться кажущимися наглядными статическими аналогиями.

1. *Авсюк Ю.Н.* О приливной силе // Письма в АЖ. М., 1977, т.3, № 4, с.184-188.
2. *Lammlein D.R.* Lunar seismicity and Tectonics // Physics of the Earth and Planetary Interiors, 1977, 14, p.224-273.
3. *Галкин И.Н.* Геофизика Луны. М., Наука, 1987, 174 с.
4. *Авсюк Ю.Н.* Учет пертурбационных членов в действующей на Луне приливной силе и ее сопоставление с сейсмической активностью Луны / Препринт №8, АН СССР, ИФЗ им. О.Ю.Шмидта, М., 1981, 25 с.