

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОГРАММЫ СЕЙСМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЛУНЫ

Танака С. (Ин-т Космич. Иссл., Япония),

Хаврошкин О. Б., Цыплаков В. В., Хрусталёв А. Б. (ИФЗ РАН)

khavole@ifz.ru; тел.: 8-499 252 21 98

Ключевые слова: *колебания Луны, центральная зона, ядро, спектральные пики, блочность*

В соответствии уровню познания и понимания сейсмичности Луны Программа должна дать ответ по внутреннему строению, особенно центральной зоне и/или внутреннему ядру; обеспечить получение спектров собственных колебаний Луны (СКЛ) высокого разрешения и построения по этим спектрам модели Луны, включая скоростные разрезы. Одновременно необходимо получение библиотеки сейсмограмм, по качеству значительно превосходящих данные сейсмической сети (с\с) «Аполлон».

Такая работа содержит принципиальные трудности, которые проанализированы на основе моделей Луны, полученных в результате исследований авторов [1,2]. Последние исследования лунной сейсмичности на основе новейших методов обработки позволили получить набор периодичностей, относящихся к спектру СКЛ, см. как пример табл. 1 [2].

Таблица 1

Периоды колебаний Луны в минутном диапазоне

<i>T</i> , мин	Амплитуда, отн. ед.
4.8840	1.9607272
6.4024	1.9965920
10.0000	1.9645741
11.0246	1.885752
12.6976	1.8547362
14.470	1.8828634
15.6767	1.7897010
17.5999	1.7817163
18.9419	1.7794965
19.5599	1.8313904
20.7483	2.0103252
22.0006	1.7758070
23.3465	1.8209774
24.0332	1.9860585
25.7962	2.0225479
27.0525	1.9245694
29.3567	1.9010147
32.3727	1.8837305
32.9567	1.9306838

Рассматриваемая табл. 1 с учетом других исследований сейсмических периодичностей Луны имеет следующие особенности. Если пики свыше 18-20 мин можно отнести к внешним воздействиям, например, к пульсациям солнечного ветра, то несколько пиков в диапазоне 15-18 мин связаны с внутренним строением, т. е. с существованием внутреннего ядра Луны.

Близкорасположенные пики диапазона 15-18 мин отвечают нескольким причинам (с учетом земного опыта регистрации собственных колебаний Земли, в том числе и модуляционным методом). Спектральный анализ длинного ряда наблюдений лунной сейсмичности (46 лет), включающего одновременно лунотрясения наведенные всеми типами СКЛ, выявил одновременно пики сфероидальных и торсионных колебаний. Литосфера Луны имеет, по всей вероятности,

блочное строение со слабыми контактами блоков в верхней литосфере, а спектр собственных колебаний зависит от типа возбуждения (падение метеороида), угла и направления падения, энергии удара. Поскольку высокая добротность и трещиноватость литосферы способствуют развитию нелинейности собственных колебаний, ранее отмеченной для Земли, то участки теоретических спектров с длинными периодами колебаний Луны, полученные по аналогии с многооболочечными моделями, Земли требуют коррекции. Группа спектральных пиков на участке спектра СКЛ (табл. 1) по всей вероятности обусловлена тем, что граница центральная зона (ядро) - нижняя мантия может и не иметь даже в сглаженном виде сфероидальный характер, возможен неправильный многогранник. Вышеизложенные особенности могут отражаться в виде набора нескольких пиков на спектре собственных колебаний Луны, часть из которых на основе особенностей строения Луны и геологических структур можно отождествить. Всё это делает разработку новой модели Луны актуальной. (Необходимо упомянуть имя самоотверженного исследователя И.Н. Галкина. Его идеи об особенностях внутреннего строения Луны значительно опередили время).

Современная модель внутреннего строения Луны включает существование сильных возмущений поверхности внутреннего ядра. Соответственно существует значительный и непредсказуемый угол $\Delta\theta^0$ между сейсмическими лучами, отражениями сейсмического луча от реальной границы ядра и от предполагаемой сферической. Поэтому основная проблема - не организация зондирующего удара, а отождествление на сейсмограмме вступлений сейсмических волн, отраженных от границ ядра.

Предварительное замечание

Учитывая современный уровень познания и понимания сейсмичности Луны Программа должна касаться исследования внутреннего строения, особенно центральной зоны и/или внутреннего ядра; получения спектров собственных колебаний Луны высокого разрешения; построения по этим спектрам модели Луны, включая скоростные разрезы. Одновременно необходимо получение библиотеки сейсмограмм, по качеству значительно превосходящих данные сейсмической сети (СС) «Аполлон».

Эта работа содержит принципиальные трудности, часть из которых упомянута в [2]. Поскольку одна из основных целей предполагаемой задачи – внутреннее строение и ядро Луны, рассмотрим существующие модели.

1. Модель Луны в соответствии с новейшими результатами

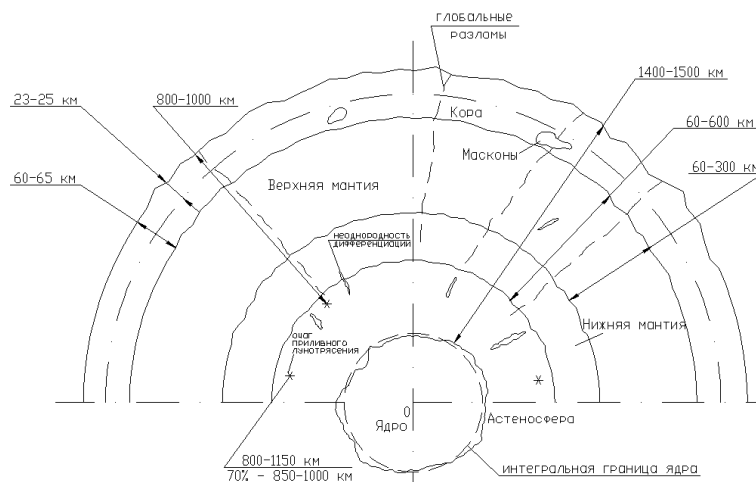


Рис.1. Современная модель внутреннего строения Луны

II. Сейсмические поля в рамках общепринятой (устаревшей) модели Луны

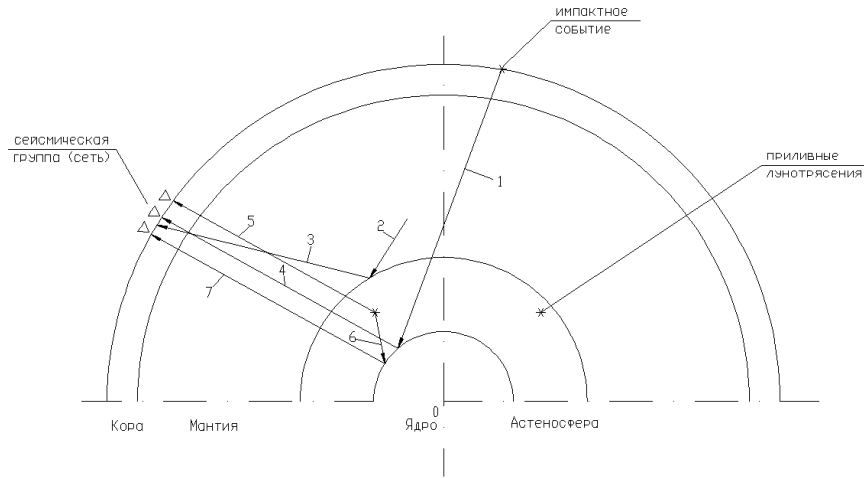


Рис.2. Идеализированная модель строения Луны: 1, 2 - прямые волны от импакта; 3 - отраженные волны от границы мантия - астеносфера; 4 - отраженные волны от границы ядро - астеносфера; 5 - прямая волна от приливного лунотрясения (трасса: источник - дневная поверхность); 6 - волна от приливного лунотрясения (трасса: источник - граница астеносфера - ядро); 7 - отраженная волна 6 от границы ядра

III. Сейсмические поля Луны в рамках реальной модели

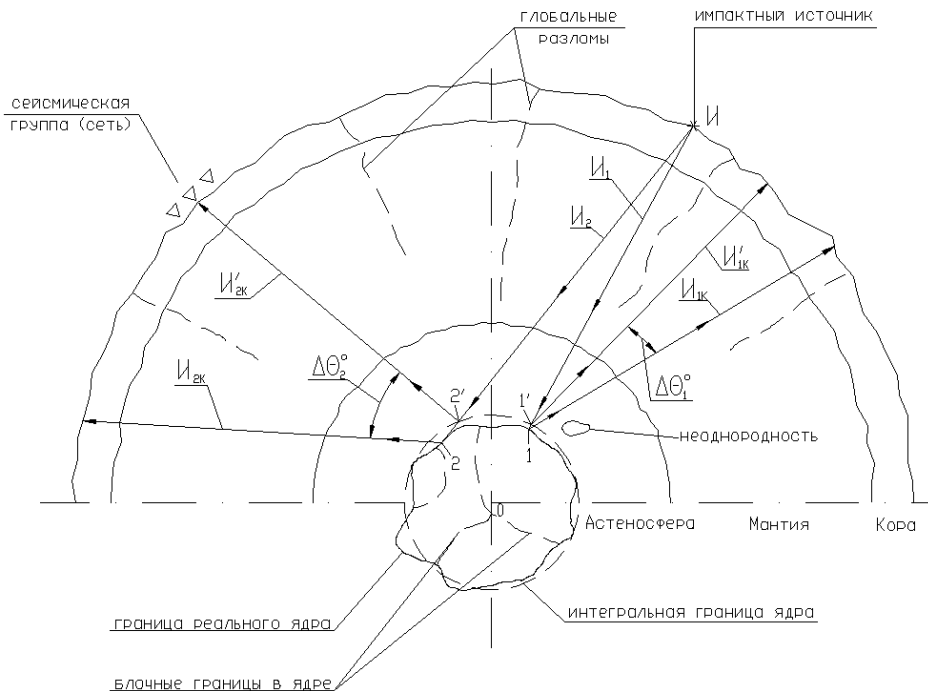


Рис.3. Лучевой метод для реальной модели Луны: I_1, I_2 – сейсмические лучи, исходящие от источника I ; $I_{1к}, I'_{1к}$ – сейсмические лучи, отраженные от реальной границы ядра и от предполагаемой интегральной соответственно;

$I_{2к}, I'_{2к}$ – то же, что и для случая I_1 ; $\Delta\theta_1^0, \Delta\theta_2^0$ – ошибки в оценке направления отраженного сейсмического луча при использовании интегральной модели; для земной сейсмологии – $\Delta\theta^0 \sim \theta^0$, то же и в рамках общепринятой модели Луны (см. рис. 2).

Однако рассмотрение применимости лучевого метода для реальной модели Луны приводит к вероятной (почти неизбежной) ошибке $\Delta\theta$ в десятки градусов (см. рис. 3), что исключает применение классической сейсмологии и объясняет многолетние неудачи в поисках границ ядра. При этом основной проблемой является не организация (излучение) мощного зондирующего удара, а отождествление на сейсмограмме вступлений сейсмических волн, отраженных от границ ядра. Анализ других сейсмологических методов, близких к классическим, позволяет утверждать, что приближение к выполнению основных задач Программы сейсмического исследования Луны возможно, но только после осознания авторами Программы достаточно очевидных вышеизложенных истин.

Литература

1. Галимов Э.М. Состояние и перспективы исследования Луны и планет // Вест. РАН. Сер. геофиз. 2004. Т. 74. №12. С. 1059-1081.
2. Хаврошкин О.Б., Хрусталева А.Б. Сейсмичность Луны: проблема периодичностей минутного диапазона // Докл. РАН. 2008. Т. 421. №1. С. 106-110.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/planet-28.pdf

Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© *Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009*

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