

Р.Ф. Черкасов

КОРЫ ПЛАНЕТ ЗЕМНОГО ТИПА: ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАДИАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА

Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, г. Хабаровск

Ранее найдена связь некоторых ключевых параметров Земли и планет земного типа (геопланет) (4–6). Здесь рассматривается зависимость химизма их кор от планетной массы.

Интерес к планетам возрастает. Он повышался с начала космической эры, достиг максимума во время экспедиций американцев на Луну, начал снижаться после неожиданного прекращения этих полетов в 1971 г. В нашем веке этот интерес увеличивается. На Марсе одновременно работало 3 посадочных комплекса. Планируются экспедиции на Марс: российская в 2017 г., уже имитируется двухлетний полет (тем самым через полвека будут осуществлены проваленные во время застоя Марсианский, а также Лунный проекты Королева). 7 государств объявили о будущих полетах на Луну, часть из них – о создании там базы. В СМИ просочились сведения о сверхэффективном энергетическом сырье, сконцентрированном в реголитах Луны (1 т эквивалентна 1 млн т нефти). Это видимо, нуклид гелий-3, хотя в химических справочниках об этом ни слова. Возможно, энергетическим фактором объясняется быстрый рост интереса к Луне.

Задача космогеологии – найти количественные закономерности и сделать прогнозы, проверяемые при полетах на планеты.

Единая четырехоболочная модель планетных кор. Это прежде всего 2 магматических, конструктивных оболочки, создавших коры: 1) нижняя, или полевошпатовая (мощная – первые десятки км; полная; складчатая, судя по Земле и Венере [2]; более кремнеземистая; разнообразная по составу, результат начального симметричного развития); 2) верхняя, или базальтовая (маломощная – до первых км; неполная; нескладчатая; менее кремнеземистая; однообразная, результат финальной диссимметризации). Кроме того, имеются обломочные оболочки (подбазальтовая и надбазальтовая) – результат разрушения первых. Они маломощные, реголит-брекчиевые, за исключением Земли, где благодаря гидросфере возникла мощная преимущественно осадочная подбазальтовая и маломощная надбазальтовая оболочки.

Кремнеземистый показатель планетной эволюции. Почти не изучены полевошпатовые оболочки, за исключением Земли и ее спутника. Поэтому одни отождествляют их с земной гранитной, другие – с лунной анортозитовой оболочкой. Для решения этой проблемы логично использовать SiO_2 – основной коро-мантийный компонент. Предполагается, что главная дифференциация планет по SiO_2 пропорциональна их плотностной дифференциации и времени активной эволюции и обратно пропорциональна площади финальной однообразной базальтовой оболочки. Тогда в первом приближении:

$$D \approx \frac{kpt}{S}, \quad (1)$$

где D – разность в содержании SiO_2 в полевошпатовой и базальтовой оболочках, k – коэффициент ($\text{см}^3/\text{г}\cdot\text{млрд. лет}$), остальные параметры названы в табл. 1. Площадь базальтовой оболочки определялась по формуле (1):

$$S = 80 - \frac{17}{R}, \quad (2)$$

где R – средний радиус планеты (в % от радиуса Земли).

Определение размаха коровой дифференциации D велось по двум близким формулам (4), из которых (1) – самая простая, уточненная через введение k .

Г. Штилле, выделяя протогей и неогей, отметил, что активность Земли затухает: все ортогеосинклинали замкнулись, господствует базальтовый вулканизм. Предполагается, что образование базальтовой оболочки завершится в течение десятков, может быть, первой сотни миллионов лет (4).

Анортозитовая оболочка Луны, судя по сейсмическим данным, относительно однородная, слабо дифференцированная. Поэтому для определения ее химизма в первом приближении можно ограничиться изучением ее поверхности (табл. 2). Для Земли этого недостаточно: химизм полевошпатовой оболочки определялся с учетом сейсмостратиграфической модели последней (3, 4). При $k = 75$ неточности в определении D по (1) не превышают 2–3 %. Если по примеру Луны химизм этой оболочки Земли характеризовать по ее поверхности: $\text{SiO}_2 = 64.85\%$ (среднее из средних подсчетов по 4 шитам) (4), то $D = 16.31\%$, а неточность ее определения по (1) увеличивается на 7 %.

В (1) масса планет участвует косвенно, через радиус и плотность. Благодаря изученности Земли и Луны устанавливается связь между размахом их коровой дифференциации по SiO_2 (D_3 и $D_{\text{л}}$) и планетной массой (m_3 и $m_{\text{л}}$) (5):

$$\frac{D_3}{D_{\text{л}}} = 0,93 \sqrt{\frac{m_3}{m_{\text{л}}}}, \quad (3)$$

При использовании в качестве эталона Земли, а вместо Луны–Марса и Венеры были найдены их D (табл. 2). Состав базальтовых оболочек определялся по анализам, выполненным посадочными комплексами (5, 6). Затем на основе D вычислялся состав полевошпатовых оболочек. Для Меркурия это результат интерполяции между Луной и Марсом.

Масса планет – главный фактор их дифференциации. Кривая, обобщающая связь между D и m разных геопланет (рис.), является параболой, т.е.

Таблица 1. Некоторые эволюционные параметры Земли и Луны (4)

Параметры		Земля	Луна
Плотностный ($\rho, \text{г}/\text{см}^3$) – разница в плотности планеты ($\rho_{\text{п}}$) и ее коры ($\rho_{\text{к}}$)	$\rho_{\text{п}}$	5/5	3/3
	$\rho_{\text{к}}$	2/8	3/1
	ρ	2/7	0/2
Хронологический (t , млрд. лет) – продолжительность активной фазы геологической стадии эволюции планеты, т.е. до завершения образования базальтовой оболочки		4/6	2/0
Базальтовый (S , %) – отношение площадей базальтовой оболочки и планеты		63	17

Таблица 2. Некоторые эволюционные параметры планет земной группы

Параметры	Земля	Венера	Марс	Меркурий	Луна
Ранг планет по массе [1]	большие		средняя	малые	
Относительная масса (в % от массы Луны), m	81.03	66.18	8.74	4.49	1.00
Кремнеземистость полевошпатовой оболочки, %	63.70	63.33	53.84	(49.12)	44.39
Кремнеземистость базальтовой оболочки, %	48.54	48.75	48.54	(45.57)	42.60
Размах дифференциации коры по SiO ₂ , D%	15.16	14.58	5.30	(3.55)	1.79
Химизм полевошпатовой оболочки	андезитдацитовый		Андезибазальтовый	анортозитовый	

Примечание: в скобках указаны прогнозные данные.

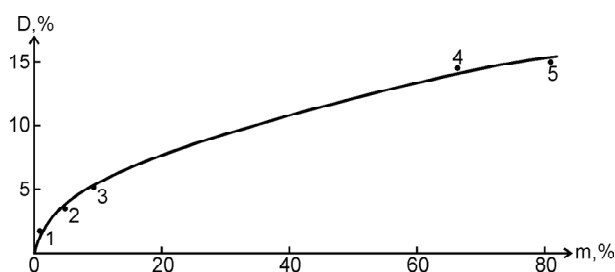


Рис. Параболическая зависимость размаха дифференциации планетных кор по SiO₂ (D) от массы планет (m).

1 – Луна, 2 – Меркурий (прогноз), 3 – Марс, 4 – Венера, 5 – Земля.

$$m = cD^2 \quad (4)$$

При $c=0.33$ погрешности определения D (табл. 2) по сравнению с (4) заключены в интервале 4–9 %, что для первого приближения можно считать удовлетворительным. Погрешности связаны с неточностями определения параметров.

Планетная масса пропорциональна энергии. Ее главный вид – радиоактивное тепло, как известно, убывает по экспоненциальному закону. Этим можно объяснить вещественное разнообразие полевошпатовых и однообразие базальтовых оболочек, после завершения которых активная эволюция планет довольно быстро прекращается. С дефицитом энергии связаны другие особенности базальтовых оболочек (маломощность, нескладчатость и т.д.).

Момент инерции планеты – показатель ее плотностной дифференцированности. Для нас он важен как независимое (на основе грависъемки) подтверждение главной закономерности: масса планеты определяет степень ее дифференцированности. Плотностная дифференцированность, полученная иным путем (1), (табл. 1), пропорциональна вещественной по SiO₂. Для наглядности используем не сам безразмерный момент инерции (В.Н. Жарков, 1983; и др.), а разность между этим моментом совершенно не дифференцированной (полый) сферы и соответствующим моментом планеты (в %): у Луны 2.5, у Марса 6.2, у Земли 17.2.

Заключение. SiO₂ использован как главный компонент. Но магматические оболочки не менее различны, например, по MgO: полевошпатовая оболочка закономерно обеднена MgO (у Земли 2.64, у Луны 1.24 %), а базальтовая – обогащена (соответственно 6.35 и 8.56 %) (4). Многокомпонентная эволюция – задача даль-

нейших исследований. А сейчас устанавливается параболическая зависимость размаха кремнекислотной дифференциации кор от планетной массы. Полеты к геопланетам, в том числе к наименее изученному Меркурию, куда планируют запустить космический аппарат с посадкой для анализа грунта, позволят проверить представленные здесь прогнозы химизма магматических оболочек.

Литература

1. Каттерфельд Г.Н. Общие законы развития планет. СПб., 2000. 35 с.
2. Маракушев А.А., Грановский Л.Б., Зиновьева Н.Г. и др. Космическая петрология. М.: Наука, 2003. 389 с.
3. Черкасов Р.Ф. Новая модель кристаллической коры щитов: сейсморитмостратиграфический подход // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии: III Косыгинские чтения. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2001. С. 40–51.
4. Черкасов Р.Ф. Две магматические оболочки в коре Земли и других планет земного типа // Закономерности строения и эволюции геосфер: Матер. VI Междунар. междисц. науч. симпоз. Хабаровск: ДВО РАН. 2004. С. 272–284.
5. Черкасов Р.Ф. О законе геологического развития планет и составе марсианской коры // Метаморфизм, космические, экспериментальные и общие проблемы петрологии: Матер. Междунар. совещ., т. 4. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН. 2005. С. 258–260.
6. Черкасов Р.Ф. Масса геопланет – главный фактор их геологической эволюции // Четвертая Междунар. науч. конф. «Вулканизм, биосфера и экологические проблемы»: Сб. матер. Туапсе, 2006. С. 11–12.