

АНОМАЛИИ ПЛОТНОСТИ, НАПРЯЖЕНИЙ И ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ ВНУТРИ ЗЕМЛИ И МАРСА И ВОЗМОЖНЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Чуйкова Н.А., Насонова Л.П., Максимова Т.Г.

Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова, Москва, nason@sai.msu.ru, chujkova@sai.msu.ru

Получены формулы, учитывающие в квадратичном приближении вклад в стоксовы постоянные гравитационного поля от аномальных масс, представленных в виде разложения по сферическим функциям плотности слоев, распределенных по высоте относительно эллипсоида относимости. Показано, что вклад квадратичных членов особенно существенен и по порядку величин сравним с линейным вкладом, если аномальные массы имеют дипольное распределение по высоте (например, для Земли это массы рельефа и аномальные массы, соответствующие скачку плотности на границе Мохоровичича). Особенно заметен вклад квадратичных членов в спутниковой зоне, где он по абсолютной величине может даже превосходить линейный вклад для некоторых регионов Земли. Для Марса вклад квадратичных членов особенно велик, поскольку для него диапазон относительных вариаций высот рельефа на порядок больше, чем для Земли. Решена задача и разработана методика определения глубин компенсации для гармоник рельефа различной степени и порядка. На основе анализа гистограмм распределения глубин компенсации определены наиболее вероятные уровни компенсации неоднородностей рельефа. Показано, что в недрах планеты может существовать несколько уровней компенсации. Так, для Земли основная компенсация происходит в коре и мантии на глубинах 9 ± 5 км, 36 ± 7 км, 66 ± 9 км, 120 ± 26 км, 280 ± 62 км, 850 ± 170 км, для Марса соответственно на глубинах 5 ± 4 км, 100 ± 43 км, 280 ± 41 км, 450 ± 11 км, 760 ± 5 км, 1180 ± 140 км. Поскольку Марс принадлежит к планетам земной группы, характеризующимся некоторой общностью их формирования и вещественного состава, а для Земли глубины уровней компенсации согласуются с результатами, полученными из анализа собственных колебаний Земли и сейсмических данных, то применение той же методики для Марса позволяет рассчитывать на достоверность полученных результатов. На выделенных уровнях построены карты латеральных распределений компенсирующих масс. Показано, что полученные аномальные структуры вызывают аномалии внутреннего гравитационного поля, которые могут являться причиной конвективных движений в мантии и ядре планеты. Возникающие при этом потоки возможного электропроводящего вещества в ядре Марса симметричны как относительно оси вращения, так и относительно экваториальной плоскости, и поэтому не создают глобального магнитного полоидального и тороидального поля (в отличие от Земли, где эти потоки несимметричны). Рассчитаны также возможные изостатически невыравненные вертикальные напряжения в коре и мантии Земли и Марса. Для Земли максимальные значения напряжений не превосходят 10 МПа, а распределение максимальных градиентов напряжений в областях перехода от напряжений сжатия к напряжениям растяжения коррелирует с картой распределения землетрясений. Для Марса максимумы напряжений достигают 64 МПа по сжатию и 20 МПа по растяжению и коррелируют с вулканическими кратерами повышенной плотности и крупными депрессиями рельефа. По-видимому, эти образования поддерживаются в основном за счет упругих свойств литосферы и создают напряжения, не превышающие пределы прочности литосферы. Глобальные аномалии рельефа вулканического плато Фарсида и симметричного образования в восточном полушарии, возможно, возникли и динамически поддерживаются за счет наличия двух плюмов обогащенного флюидами вещества мантии, берущих свое начало на границе ядра. Возможной причиной возникновения и поддержки существования плюмов могут являться аномалии внутренних сил притяжения.