**Доклады Академии наук СССР**
**1974. Том 219, № 1**

УДК 521.15 *АСТРОНОМИЯ*

Д. В. ЗАГРЕБИН

# О ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ МАРСА

*(Представлено академиком М. А. Садовским 12 IV 1974)*

С открытием закона Ньютона сразу же возникли две основные проблемы небесной механики: проблема движения двух или нескольких материальных точек, взаимодействие которых обусловлено силами ньютоновского притяжения, и проблема определения формы сплошной вращающейся жидкой массы (однородной или неоднородной), частицы которой находятся под действием того же ньютоновского притяжения. Трудами над этой последней проблемой выдающиеся математики и механики Клеро, Маклорен, Якоби, Стокс, Пуанкаре и Ляпунов создали развитую теорию фигур равновесия.

Эта единая теория может быть разбита на две, резко различающиеся между собой части: 1) теория фигур равновесия вращающейся однородной жидкости и 2) теория фигур равновесия вращающейся неоднородной жидкой массы (проблема Клеро); к этому же разделу относится теория эллипсоидальных фигур равновесия без каких-либо предположений о распределении плотности внутри планеты (проблемы Стокса) ([1], стр. 358).

В природе мы не встречаем планет, строго отвечающих тому или иному случаю. Поэтому естественно возникает вопрос о принятии для внешней уровенной поверхности Марса трехосного эллипсоида, соответствующего устойчивой форме его достаточно однородного железного ядра, подобно тому как это имеет место у близкой по своей природе к Марсу планеты Земли. Таким образом, мы приходим к понятию эллипсоидального ареоида*, аналогичного понятию эллипсоидального геоида [2].

Заметим теперь, что однородное железное ядро Марса, подобно ядру Земли, будет удовлетворять неравенству Ляпунова ([3], стр. 99), а именно:

$$\sqrt{2\pi f\varkappa}\sqrt{0{,}187}>\omega>\sqrt{2\pi f\varkappa}\sqrt{0{,}142}.$$

Отсюда сразу же видим (подставляя плотность железа), что угловая скорость вращения и Земли и Марса удовлетворяют этому неравенству. Действительно,

$$7{,}9\cdot 10^{-5}\text{ сек}^{-1}>7{,}1\cdot 10^{-5}\text{ сек}^{-1}>6{,}8\cdot 10^{-5}\text{ сек}^{-1}.$$

Далее, согласно исследованиям А. М. Ляпунова, всякому моменту количеств движений соответствует одна устойчивая форма равновесия ([3], стр. 112), и если для такого момента количеств движений, кроме эллипсоида, возможен также и трехосный эллипсоид как форма равновесия, то устойчив последний. Высказанные фундаментальные теоретические положения подтверждаются данными наблюдений. Действительно, на основании данных американской станции «Маринер-9» [4] мы имеем две системы параметров, отвечающих трехосной фигуре Марса.

Первая — изобарическая ** поверхность Марса (ареоид Бриллуэна, аналог геоиду Бриллуэна). Внешний потенциал, отвечающий этой поверхно-

---

* Греч. Αρες – Марс.

** Для Земли за аналогичную поверхность может быть принят эллипсоидальный геоид Бриллуэна с тремя неравными осями, который будет соответствовать тропопаузе (где атмосфера граничит со стратосферой).

сти, будет соответствовать ядру Марса. Вторая поверхность, аппроксимирующая топографическую поверхность Марса и отвечающая его мантии, будет определять теоретическое распределение силы тяжести на поверхности Марса. Имеем

$$a_1=3394{,}06\ \text{км};\quad b_1=3393{,}22\ \text{км};\quad c_1=3376{,}42\ \text{км}\quad (\lambda_a=108^\circ{,}5\ \text{W});$$
$$a_2=3408{,}8\ \text{км}\quad b_2=3394{,}7\ \text{км};\quad c_1=3372{,}5\ \text{км}\quad (\lambda_a=103^\circ{,}6\ \text{W}).$$

Поскольку средняя плотность Марса меньше плотности железа, то у него, так же как и у Земли, ядро может быть покрыто мантией, которая лишь будет отражать трехосную устойчивую форму железного ядра.

Небесные тела в силу их вращения обязательно должны обладать эллипсоидальной геометрией и разложения потенциалов притяжения этих тел следует проводить по функциям Ламе, а не по сферическим функциям, так как сомнительная сходимость рядов таких функций была отмечена Ляпуновым ([3], стр. 372).

Теперь, производя разложение потенциала Марса по функциям Ламе ([5, 6]) и замечая, что в это разложение должны войти только три таких функции, соответствующие квадратичной форме, так как на уровенной поверхности потенциал должен удовлетворять выражению

$$C-{}^1/_2\omega^2(y^2+z^2)$$

(если ось вращения $x$), найдем

$$V=\frac{fM}{\rho}\left\{1+(0{,}0033301-0{,}0024531\cos^2\varphi+0{,}0002299\cos^2\varphi\cos^2\lambda+\right.$$
$$+0{,}0001171\cos^2\varphi\sin^2\lambda)\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^2+(0{,}0000188-0{,}0000168\cos^2\varphi+ \qquad (1)$$
$$\left.+0{,}0000014\cos^2\varphi\cos^2\lambda+0{,}0000008\cos^2\varphi\sin^2\lambda)\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^4+\dots\right\}$$

$$(fM=4{,}29778\cdot10^4\ \text{км}^3/\text{сек}^2);$$

здесь

$$\rho^2=r^2+a^2(e^2\sin^2\varphi+e'^2\cos^2\varphi\sin^2\lambda),$$

где $r^2=x^2+y^2+z^2$, $\rho_0=a$. Счет долгот ведется от меридиана с долготою $\lambda_a=108^\circ,5\ \text{W}$. Величины $a$, $e$ и $e'$ суть большая полуось эллипсоидального ареоида с тремя неравными осями, эксцентриситет меридиана, содержащего большую ось экватора, и эксцентриситет экватора соответственно.

Распределение силы тяжести на поверхности Марса может быть представлено формулой

$$\gamma=372{,}499(1+0{,}003984\sin^2\varphi+0{,}00086\cos^2\varphi\cos2\lambda). \qquad (2)$$

Для экватора Марса имеем

$$\gamma_e=372{,}829(1-0{,}0017714\sin^2\lambda). \qquad (3)$$

В формулах (2) и (3) счет долгот ведется от меридиана $\lambda_a=103^\circ,6\ \text{W}$. Эти формулы основаны на параметрах с индексом два; они аппроксимируют топографическую поверхность Марса и могут представлять нормальное распределение силы тяжести на его поверхности.

Конечно, как первая, так и вторая система параметров лишь в той или иной мере характеризует гравитационное поле Марса.

Институт теоретической астрономии
Академии наук СССР
Ленинград

Поступило
7 III 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] *П. Аппелль*, Фигуры равновесия вращающейся однородной жидкости. Л.– М., 1936. [2] *C. Somigliana*, Atti della Reule Acc. Nat. dei Lincei (Rendiconti) Ser. Sesta, v. 11, fasc. 3 (1930). [3] *А. М. Ляпунов*, Собр. соч., т. 3, М., 1959. [4] *D. L. Cain, A. I. Kliore et al.*, Icarus, v. 17, № 2, 520 (1972). [5] *Д. В. Загребин*, Уровенный трехосный эллипсоид и сила тяжести на его поверхности, М.– Л., 1948, стр. 26. [6] *Д. В. Загребин*, Астрон. журн., т. 50, 181 (1973).