

Список литературы: 1. *Бойчук В. С.* Карманный справочник дорожника, Киев, Будівельник, 1974. 2. Строительные нормы и правила, 4. III, разд. Д, глава 5. Автомобильные дороги. Правила производства и приемки работ. Приемка в эксплуатацию. (СНиП III—Д. 5—73), М., Стройиздат, 1975. 3. Методические указания по разбивочным работам при сооружении земляного полотна, М., Оргтрансстрой, 1966.

Работа поступила в редколлегию 21 декабря 1977 года. Рекомендована кафедрой геодезии Полтавского инженерно-строительного института.

УДК 523.43

А. Л. ЦЕРКЛЕВИЧ

Львовский политехнический институт

ОБ ИЗОСТАЗИИ МАРСИАНСКОЙ КОРЫ

Изучение гравитационного поля и топографии Марса, выяснение основных закономерностей в распределении силы тяжести дает возможность создать определенное представление об изостатическом состоянии планеты. К настоящему времени гравитационное поле и топография Марса изучены настолько, что можно перейти к предварительному глобальному изучению изостатического состояния марсианской коры. Попытки затронуть этот вопрос уже предпринимались [11—13]. Наше исследование посвящено изучению изостатического состояния коры Марса на основе интерпретации вычисленных в центре двадцатиградусных равновеликих площадок изостатических аномалий силы тяжести.

Для Марса вычисление изостатических аномалий связано с известными трудностями, вызванными неполнотой знаний о строении планеты и заключающимися в первую очередь в сложности выбора наиболее удовлетворительной системы параметров для гипотезы изостатической компенсации. В дальнейшем принята схема изостазии по Эри со следующей вариацией ее «свободных» параметров: $T_0 = 30, 50, 70, 100, 150$ км — нормальная толщина коры при нулевом рельефе, $\delta_k = 3,0$ г/см³ — плотность коры, $\delta_n = 3,5$ г/см³ — плотность масс подстилающего слоя. Заметим, что невозможно однозначно выбрать параметры с помощью только имеющейся к настоящему времени информации. Поэтому в некоторых пределах была допущена их вариация, позволившая выявить наиболее оптимальный вариант распределения изостатических аномалий с точки зрения их наименьшей зависимости от высот рельефа поверхности. Что же касается выбора значений плотности коры и верхней мантии, то именно такие параметры чаще всего используются в работах, посвященных внутреннему строению Марса [8, 12].

Выбрав параметры схемы изостазии, следует уточнить поверхность отсчета высот, а также понятия топографических

и компенсационных масс, которые вводятся при вычислении изостатических аномалий. В наших исследованиях за нулевую поверхность отсчета была принята основная уровенная поверхность (ареоид). При таком выборе отсчетной поверхности под топографическими массами понимают массу верхнего слоя марсианской коры с плотностью δ_n , возвышающуюся над этой поверхностью или находящуюся под ней. Если выполняется изостазия, то ниже или выше глубины T_0 существуют еще компенсационные массы, равные топографическим по величине, но противоположные по знаку.

Исходной информацией для исследований изостазии Марса послужили наиболее точные данные о гравитационном поле и топографии планеты, приведенные в работах [9, 14]. В работе [9] представлены результаты стереоскопического анализа пар снимков «Маринер-9» в виде каталога координат 1205 точек, где высоты физической поверхности даны с точностью до сотых долей километра над референц-эллипсоидом с параметрами $a=3393,4$ км, $b=3375,8$ км. Для тех участков поверхности, где данные каталога недостаточно хорошо представляют топографию планеты, были использованы «сглаженные» высоты, полученные нами в узлах картографической сетки с шагом $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 10^\circ$ на основании коэффициентов разложения рельефа по сферическим функциям [10], а также высоты, приведенные в работе [9] для тех же узлов картографической сетки, определенные путем интерполирования и экстраполирования высот точек каталога. Параметры гравитационного поля Марса взяты по модели У. Сьегрена и др. [14], которая представлена гармоническими коэффициентами до девятого порядка включительно. Такое разложение примерно соответствует усреднению поля по площадкам $20^\circ \times 20^\circ$ и позволяет, по-видимому, учитывать крупные, весьма сглаженные волны уровенной поверхности и поля силы тяжести.

Методика вычисления изостатических аномалий силы тяжести основана на расчете топографо-изостатических поправок, которые суммируются затем с аномалиями «в свободном воздухе», усредненными по равновеликим площадкам $20^\circ \times 20^\circ$.

Разделим поверхность Марса в соответствии со следующей схемой. Сначала разобьем ее (аналогично разбиению И. Д. Жонголовича [2]) на 104 равновеликие двадцатиградусные трапеции $\Delta\sigma = \frac{4\pi}{104} \approx 0,12$ стеррад., что соответствует приблизительно

1 440 000 км². Затем при центре каждой площадки выделим плоскую зону с радиусами $r_m = 67, 135, 167, 200$ км*, а остальную часть площадки разделим на четыре равные части. Таким образом, в нашей схеме разбиения как бы выделяются три зоны: дальняя, ближняя и ближайшая (плоская). Общая площадь 1/4

* Радиус ближайшей зоны варьируется в тех пределах, в которых мы допускаем региональную компенсацию.

части средней и ближней зоны равна десятиградусной площадке. Рассмотрим отдельно вычисление топографо-изостатических поправок в каждой из упомянутых зон.

Вычисление поправок за влияние ближайших зон. При вычислении поправок за топографию δg_k^{nl} и за компенсацию δg_c^{nl} в означенной зоне воспользуемся известными из гравиметрии формулами для вычисления вертикальной составляющей притяжения цилиндра на точку [3, 5]:

$$\delta g_k^{nl} = -2\pi f \delta_k [h - \sqrt{r_m^2 + h^2} + r_m];$$

$$\delta g_c^{nl} = 2\pi f (\delta_n - \delta_k) [t + \sqrt{r_m^2 + T_0^2} - \sqrt{r_m^2 + (T_0 + t)^2}]. \quad (1)$$

Здесь h — толщина цилиндра, t — толщина слоя, компенсирующая массу цилиндра и определяемая из соотношения

$$t = \frac{\delta_k}{\delta_n - \delta_k} h. \quad (2)$$

Смысл всех других входящих сюда величин описан выше.

Вычисление поправок за влияние ближних зон. При расчете топографо-изостатических поправок за влияние указанных зон примем, что массы десятиградусных пло-

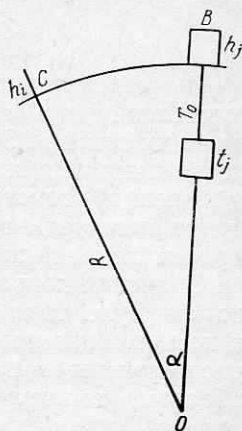


Рис. 1. Геометрическая схема, поясняющая соотношение между элементами формулы (3).

щадок, входящих в зону, сконцентрированы в точках, находящихся в их центре. Тогда вертикальная составляющая притяжения, создаваемого точечной массой m , находящейся на расстоянии h_j от поверхности сферы радиуса R (для Марса $R=3390$ км), в точке на расстоянии h_i от поверхности той же сферы определится выражением [3, 5] (рис. 1)

$$\Delta g = fm \frac{R - \left(R + \frac{h_j}{2}\right) \cos \alpha}{\left[R^2 + \left(R + \frac{h_j}{2}\right)^2 - 2R \left(R + \frac{h_j}{2}\right) \cos \alpha\right]^{3/2}}, \quad (3)$$

где $\alpha \approx 7^\circ, 2$.

При этом предполагается, что топографические массы сконцентрированы в точке на расстоянии $h_j/2$ от поверхности Марса, а компенсационные — в точке на глубине $T_0 + t_j/2$.

Учитывая, что топографические массы должны быть равны компенсационным, определим окончательно топографо-изоста-

тическую поправку за влияние ближней зоны из соотношения

$$\delta g_{\text{бл.з}} = \delta g_k^{\text{бл.з}} + \delta g_c^{\text{бл.з}} = \sum_{j=1}^4 K_j h_j \times \left[\frac{1 - a_j \cos \alpha}{(1 + a_j^2 - 2a_j \cos \alpha)^{3/2}} - \frac{1 - b_j \cos \alpha}{(1 + b_j^2 - 2b_j \cos \alpha)^{3/2}} \right]. \quad (4)$$

Здесь для упрощения записи формулы приняты следующие обозначения:

$$\left. \begin{aligned} a_j &= \frac{R + h_j/2}{R + h_i}; & b_j &= \frac{R - T_0 - t_j/2}{R + h_i}; \\ K_j &= -f \delta_k \frac{(R + h_j)^2}{R^2} \cdot \frac{\Delta \sigma - \pi r_m^2}{L}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Вычисление поправок за влияние дальних зон. Из практики вычисления топографо-изостатических редукций за влияние дальних зон для Земли известно, что они обычно не превышают нескольких миллигал. Для Марса из-за «грубости» (в высотном отношении) топографии планеты эти поправки, по-видимому, будут значительно большие. Поэтому их необходимо учитывать при вычислении изостатических аномалий.

Значения поправок за влияние дальних зон удобно вычислять по формуле типа (4) в предположении, что топографические и компенсационные массы сконцентрированы в точках, которые расположены в центрах двадцатиградусных площадок. Таким образом, топографо-изостатическая поправка, вычисляемая в средней точке двадцатиградусной площадки и обусловленная влиянием всех таких площадок поверхности планеты, запишется в виде формулы

$$\delta g_{\text{дал.з}} = \delta g_k^{\text{дал.з}} + \delta g_c^{\text{дал.з}} = \sum_{j=1}^{103} K_j h_j \times \left[\frac{1 - a_j \cos Q_{ij}}{(1 + a_j^2 - 2a_j \cos Q_{ij})^{3/2}} - \frac{1 - b_j \cos Q_{ij}}{(1 + b_j^2 - 2b_j \cos Q_{ij})^{3/2}} \right], \quad (6)$$

где

$$a_j = \frac{R + h_j/2}{R}; \quad b_j = \frac{R - T_0 - t_j/2}{R}; \quad K_j = -f \delta_k \Delta \sigma = \text{const}. \quad (7)$$

Угол Q_{ij} находим из выражения

$$\cos Q_{ij} = \sin \varphi_i \sin \varphi_j + \cos \varphi_i \cos \varphi_j \cos (\lambda_j - \lambda_i)$$

через координаты φ_j, λ_j центров трапеций и φ_i, λ_i — координаты точки C_i .

Окончательно значения изостатических аномалий силы тяжести в центрах двадцатиградусных трапеций получаем по формуле

$$\Delta g_i^{20^\circ \times 20^\circ} = \Delta g_{\text{св.в.}}^{20^\circ \times 20^\circ} + \delta g_{\text{дал.з}} + \delta g_{\text{бл.з}} + \delta g_k^{\text{пл}} + \delta g_c^{\text{пл}}. \quad (8)$$

Отметим, что точность вычисления топографо-изостатических поправок определяется в конечном итоге точностью задания средних высот рельефа, которые представлены неоднородно по всей поверхности Марса, и здесь можно лишь констатировать предельно возможную в среднем ошибку $\sim 1,5$ км [10].

Точность вычисления изостатических аномалий также зависит от точности определения осредненных аномалий «в свободном воздухе». Что касается ошибок, связанных непосредственно с предлагаемой методикой, то можно ожидать, что она внесет минимальные (пренебрегаемые по сравнению с вышеуказанными причинами) погрешности в значения изостатических аномалий.

В соответствии с приведенной выше методикой по модели гравитационного поля [14] были вычислены в узлах картографической сетки с шагом $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 10^\circ$ значения ондуляций ареоида и смешанные аномалии силы тяжести относительно двухосновного эллипсоида с параметрами: $a = 3393,4$ км, $\alpha = 1/191$. Затем эти данные и данные о высотах топографии планеты (высоты отсчитывались от поверхности ареоида) осреднялись по соответствующим площадкам. Таким образом, для дальнейшего расчета изостатических аномалий были подготовлены осредненные по площадкам $20^\circ \times 20^\circ$ следующие данные: 1) ондуляции ареоида; 2) смешанные аномалии силы тяжести; 3) высоты топографии планеты, причем последние были осреднены также на каждую ближнюю и ближайшую зоны.

На основе этих данных и приведенных выше соотношений составлена программа для вычисления изостатических аномалий силы тяжести, в которой предусмотрена выдача на печать значений топографо-изостатических поправок для дальних, ближних и ближайших зон. Помимо этого, в программе был задан алгоритм для вычисления коэффициентов в уравнении регрессии вида

$$\Delta g_i = a + bh. \quad (9)$$

Для каждой комбинации параметров изостазии уравнение (9) служило критерием минимизации изостатических аномалий, причем признавалась наилучшей та схема, для которой b по абсолютной величине близко к нулю.

Проведенные вычисления показали, что модель схемы Эри с параметрами $T_0 = 30$ км, $\delta_k = 3,0$ г/см³, $\delta_n = 3,5$ г/см³, $r_m = 167$ км приводит к наиболее оптимальному, в указанном смысле, распределению изостатических аномалий. Для этого варианта изостатических аномалий уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$\Delta g_i = -5,4 - 0,4 h, \quad (10)$$

т. е. полученные изостатические аномалии почти не обнаруживают зависимости от средней высоты площадки.

Оценим теперь степень осуществления изостатической компенсации марсианской коры. Обратимся к рис. 2, где нанесены осредненные по равновеликим $20^\circ \times 20^\circ$ площадкам значения изостатических аномалий, позволяющие судить о степени уравновешенности только лишь очень крупных участков марсианской коры, аналогичных большим частям земных материков. Как видно из рис. 2, в целом для Марса на очень больших простран-

80°	-49 -34		-4 -3		41 +17		51 +31		-5 -3		5 +2							
60°	-134 -83	7 +7	62 -448	-45 +597	-30 -16	-50 -24	-6 -6	72 +72	93 +78	100 +59	80 +38	3 +2						
40°	-77 -93	161 -89	132 -43	15 -5	-16 +12	-65 -323	-14 -24	11 -30	7 -6	22 -44	34 -46	46 -146	57 +67	-1 -1	+103 +106			
20°	98 -113	-4 +4	242 -24	140 -25	47 -8	-34 +8	-51 +41	-74 +68	-31 +36	-13 7	-6 +2	28 -12	6 -2	-28 +6	-24 +9	-13 -24	-7 -24	-59 -170
0°	-80 +29	-80 +21	48 -7	101 -11	8 -1	-50 +8	-109 +24	-88 +34	-39 14	-26 7	-12 3	18 -4	-39 9	-44 9	-8 2	-22 8	-40 -17	-76 26
20°	-80 +29	-80 +21	48 -7	101 -11	8 -1	-50 +8	-109 +24	-88 +34	-39 14	-26 7	-12 3	18 -4	-39 9	-44 9	-8 2	-22 8	-40 -17	-76 26
40°	-111 24	-104 16	-3 0	-20 2	-82 14	-90 27	-18 6	-27 7	-43 10	12 16	-2 -2	7 -2	-42 10	-88 20	-63 16			
60°	-24 13	-61 17	-39 8	-49 12	-40 19	-6 4	-58 4	-239 239	18 11	35 -32	21 -11	16 -9						
80°	11 -49		29 -110		16 -159		47 311		70 214		47 934							
	180°	120°	60°	0°	300°	240°	180°											

Рис. 2. Значения изостатических Δg_i (верхний ряд цифр) и коэффициенты перекомпенсации P (нижний ряд цифр).

ствах изостазия осуществляется с незначительными отклонениями. Интенсивные аномалии (порядка сотен мгл) редко занимают обширные площади. Таким образом, приходится признать, что для регионов, охватывающих большие площади, средние отклонения от изостазии невелики, и такие регионы, по-видимому, в первом приближении можно считать уравновешенными. Однако отметим, что в южном полушарии планеты преобладают аномалии одного знака (отрицательные). В общем случае подобные поля аномалий одного знака не могут иметь случайного характера: здесь, видимо, налицо проявление зональных аномалий. Так, на Земле обширные поля изостатических аномалий одного знака не являются результатом систематической перекомпенсации или недокомпенсации [2, 4]. К тому же на Земле расположение зональных аномалий не согласуется ни с рельефом, ни с аномалиями Буге. Все это показывает, что причина зональных изостатических аномалий — неоднородность оболочек Земли, и, вероятнее всего, ее верхних слоев [1, 4, 6].

На Марсе явно проявляется обратная зависимость зональных изостатических аномалий от рельефа планеты. Возможно, что эти аномалии обусловлены влиянием на силу тяжести сильно изрезанной топографии, а также плотностных неоднородностей верха мантии.

Определенный интерес представляет рассмотрение изостатического состояния планеты регионально по широтным поясам, охватывающим отдельные, заслуживающие внимания территории. Перед этим — в соответствии с целями нашей интерпретации — выполним некоторые дополнительные количественные расчеты. Прежде всего рассчитаем по методике, предложенной Е. Н. Люстихом [4], коэффициент перекомпенсации в процентах

$$P = \frac{\Delta g_i}{-2\pi f \delta_k h} \cdot 100\% \quad (11)$$

Этот коэффициент равен нулю при точном равновесии, положителен при перекомпенсации и отрицателен при недокомпенсации или при обратном знаке аномальной массы. Однако P имеет реальный смысл [4] лишь для площадок, имеющих значительные высоты или глубины. Для площадок с небольшими возвышенностями или углублениями при сравнительно больших значениях изостатических аномалий коэффициенты перекомпенсации достигают весьма значительных величин, что, видимо, физически мало оправдано. Поэтому отклонение от равновесия в таких районах лучше выражать не в процентах, а в миллигалах.

Вычислим также и изменение рельефа подошвы коры планеты и мощность аномальных компенсационных масс * по формулам [7]

$$T' = T_0 + \frac{\delta_k}{\delta_n - \delta_k} h - K_A \quad (12)$$

где K_A — мощность аномального компенсационного слоя, необходимая из соотношения

$$K_A = \frac{\Delta g_i}{2\pi f (\delta_n - \delta_k)} \quad (13)$$

Результаты счета по формулам (11)–(13) для всех 102-х площадок показаны на рис. 2, 3, которые можно теперь использовать при интерпретации отдельных регионов Марса.

Рассмотрим изостатическое состояние наиболее изрезанного в топографическом отношении экваториального пояса Марса (от $\varphi=0^\circ$ до $\varphi=20^\circ$ и от $\varphi=0^\circ$ до $\varphi=-20^\circ$). Северная часть его (от $\varphi=0^\circ$ до $\varphi=20^\circ$) охватывает такие большие топографические образования планеты, как Amazonis Planitia, Olympus Mons, Tharsis Montes, Lunae Planum, Syrtis Major Planitia, Isidis Planitia **. В южной части пояса (от $\varphi=0^\circ$ до $\varphi=-20^\circ$) находятся долины Valles Marineris, Hesperia Planum, горная область Tharsis Montes и другие менее обширные топографические структуры планеты. Судя по значениям Δg_i и K_A , наибольшие отклонения от изостатического равновесия приурочены к региону Tharsis Montes и Olympus Mons. Здесь наблюдаются интенсив-

* Под аномальными компенсационными массами понимают избыточные или недостающие компенсационные массы, вызывающие нарушение изостазии топографических масс.

** Названия топографических структур соответствует номенклатуре МАС для Марса [15].

ные изостатические аномалии, свидетельствующие, по-видимому, о возможной тектонической активности и о наличии сил, нарушающих равновесие. Преобладание положительных аномалий интерпретируется меньшей глубиной поверхности мантии под данным блоком коры и меньшей мощностью коры, чем необходимо для равновесия, т. е. указанные области скомпенсированы только частично (недокомпенсированы). Об этом говорит знак и значение коэффициента перекомпенсации (рис. 2).

80	46 +24		44 +0,2		37 -1,9		40 -2,4		43 +0,2		39 -0,2							
60	49 +6,4	45 -0,3	48 -3,0	52 +2,1	43 +2,4	43 +2,4	46 +0,3	42 -3,5	40 -4,5	37 -4,8	36 -3,8	41 -0,1						
40	50 +3,7	51 -7,7	58 -6,3	62 -0,7	57 +0,8	52 +3,1	48 +0,7	44 -0,5	49 -0,3	53 -1,1	54 -1,7	55 -2,2	48 -2,7	45 +0,1	50 +4,9			
20	59 +4,7	54 +0,2	97 -11,6	75 -6,7	74 -2,2	68 +1,6	62 +2,4	60 +3,5	58 +1,5	63 +0,6	64 +0,5	50 -1,3	62 -0,3	62 +1,3	64 +1,1	50 -0,6	52 +0,3	50 +2,8
0	63 +3,8	68 +3,8	80 -2,3	93 -4,8	92 -0,4	80 -2,4	70 +5,2	62 +4,2	66 +1,9	63 +1,2	75 +0,6	67 -0,8	55 +1,9	73 +2,1	73 +0,4	69 +1,0	66 +1,9	65 +3,6
20	78 +5,3	86 +5,0	95 +0,2	92 +1,0	81 +3,9	70 +4,3	66 +0,9	59 +1,3	73 +2,1	46 -0,6	54 -0,1	67 -0,3	73 -2,0	75 +4,2	72 +3,0			
40	60 +1,2	70 +2,9	74 +1,9	71 +2,4	62 +1,9	57 +0,3	55 -2,7	50 +0,5	42 -0,9	54 -1,7	58 -1,0	58 -0,8						
60	51 -0,5		50 -1,4		50 -0,8		47 -2,3		45 -3,4		48 -2,3							
80	180	120	60	0°	300	240	180											

Рис. 3. Значение глубины рельефа подошвы коры T' (верхний ряд цифр)* и мощность аномального компенсационного слоя K_A (нижний ряд цифр).

Другие регионы, попадающие в этот широтный пояс, находятся практически в изостатическом равновесии (хотя для некоторых из них характерны большие изостатические аномалии), так как для этих площадок факт существования интенсивных аномалий силы тяжести еще не свидетельствует об отступлении от равновесия: здесь, с одной стороны, наблюдается практически полное совпадение изостатических аномалий и аномалий «в свободном воздухе», а с другой, — некоррелированность аномалий с топографией, что, видимо, связано с наличием плотностных неоднородностей в мантии и ядре планеты.

Обратимся теперь к данным рис. 2 для широтного пояса к северу от экватора ($\varphi=20^\circ-40^\circ$ и $\varphi=40^\circ-60^\circ$), занимающего главным образом равнинные районы Марса. Анализ этих данных также приводит к выводу о почти полной изостатической скомпенсированности коры планеты. Максимальные изостатические аномалии в этой полосе приурочены к областям, охватывающим Arcadia Planitia (-134 мгл), Amazonis Planitia (-77 , -103 мгл), Utopia Planitia (93, 100, 80 мгл), а также к горному району, расположенному в трапеции ($\varphi=20^\circ-40^\circ N$ и $\lambda=96^\circ-144^\circ W$). В этих районах изостатические аномалии имеют значения 161, 132 мгл. Однако, как отмечалось выше, наличие в

* Значения T получены при $T_0=50$ км; в случае $T_0=30$ км T следует уменьшить на 20 км.

этих областях больших аномалий, вероятно, еще не характеризует значительных отклонений от равновесия.

В южном широтном поясе ($\varphi = -20^\circ \dots -60^\circ$) наблюдается меньшее отклонение марсианской коры от равновесия, нежели в северном полушарии. Наиболее неуравновешена кора на участках, покрывающих районы *Sirenum Fossae* и *Eos Chasma*. В площадках, попадающих на эти районы, изостатические аномалии достигают соответственно -111 , -104 мгл и -82 , -90 мгл.

Таким образом, проведенный анализ поля изостатических аномалий определенно доказывает большую степень равновесия марсианской коры в региональном масштабе. Вместе с тем имеющиеся данные свидетельствуют и о наличии в отдельных районах отступлений от этого равновесия. В общем поле изостатических аномалий для Марса, по сравнению с Землей, имеет более сложный и «грубый» характер, что обусловлено, вероятно, его сложными топографией и внутренним строением.

Безусловно, выводы проведенных исследований носят определенно предварительный характер. Это связано, с одной стороны, со все еще недостаточным объемом фактических данных, касающихся изучения изостазии марсианской коры, и, в первую очередь, с отсутствием наблюдаемых на поверхности планеты значений силы тяжести g или гармонических коэффициентов разложения $\Delta g_{\text{св.в}}$ до высоких порядков, а также более точных данных о высотах топографии, а с другой, — с тем, что вопросы об изостатическом равновесии Марса тесно связаны с рядом изучаемых проблем смежных областей физики планеты.

Список литературы: 1. Артемьев М. Е. Изостазия территории СССР. М., Недра, 1975. 2. Жонголович И. Д. Внешнее гравитационное поле Земли и фундаментальные постоянные, связанные с ними. — Тр. ИТА, М.—Л., 1952, вып. 3. 3. Идельсон Н. И. Теория потенциала с приложениями к теории фигуры Земли и геофизике. М.—Л., Объединенное научно-техническое издательство, 1936. 4. Люстих Е. Н. Изостазия и изостатические гипотезы. — Тр. Геофиз. ин-та АН СССР, 1957, № 38. 5. Михайлов А. А. Курс гравиметрии и теории фигуры Земли. М., Редбюро ГУГК при СНК СССР, 1939. 6. Ушаков С. А. Строение и развитие Земли. — Итоги науки и техники. Серия «Физика Земли», т. 1. М., 1974. 7. Фролов А. И. Гравитационное поле, рельеф и некоторые вопросы внутреннего строения Луны. — Астрон. вестник, т. 5, № 4, 1971. 8. Binder A. B., Davis D. R. Internal structure of Mars. — Physics of the Earth and Planetary interiors, 1973, v. 7. 9. Davies M. C., Arthur D. W. G. Martian surface coordinates. — J. Geophys. Res., 1973, v. 78, № 20. 10. Christensen E. J. Martian topography derived from occultation, radar, spectral and optical measurements. — J. Geophys. Res., 1975, v. 80, № 20. 11. Phillips R. J. et al. Mars: Crystal structure inferred from Bouguer gravity anomalies. — J. Geophys. Res., 1973, v. 78, № 23. 12. Phillips R. J., Saunders R. S. The isostatic state of martian topography. — J. Geophys. Res., 1975, v. 80, № 20. 13. Reasenberг R. D. The moment of inertia and isostasy of Mars. — J. Geophys. Res., 1977, № 2. 14. Sjogren W. L. et al. Mars gravity field based on a Schort — Are techniqe. — J. Geophys. Res., 1975, v. 80, № 20. 15. de Vaucouleurs G. et al. The New Martian Nomenclature of the International Astronomical Union. — Icarus, 1975, v. 26.

Работа поступила в редколлегию 16 декабря 1977 года. Рекомендована кафедрой теории математической обработки геодезических измерений Львовского политехнического института.