

**ВЪРХУ ОБРАТНАТА РОТАЦИЯ НА ВЕНЕРА***Никола Бонев и Любомир-Александър Садовски*

В един труд под название „О вращения Венеры“ от 1952 г. [1] Н. Бонев установи една долна граница (3 денонощия) за периода на околоосното въртене на Венера. Повечето от по-старите определяния на този период даваха относително малки стойности. Всички нови определяния на същия период дават стойности, по-големи от споменатата долна граница, както и трябваше да се очаква.

От 1962 г. започнаха да се появяват съветски и американски трудове, в които се установява, че ротацията на тази планета е ретроградна и че периодът на въртене е твърде голям [2, 3, 4]. Това са твърде изненадващи резултати.

До времето на Лаплас бе установено, че всички познати дотогава обиколки на планетите около Слънцето и техните ротации, на брой общо 43, са директни. Като анализира тази констатация, Лаплас показва, че това не може да се дължи на случая (с 4000 милиарда срещу едно; Introduction à la Théorie des probabilités).

Обаче Уран поднесе първата изненада. Тази планета има обратна ротация; оста на ротацията ѝ е наклонена под ъгъл  $8^\circ$  спрямо плоскостта на нейната орбита. Сега, както се спомена, Венера поднесе нова изненада — втората (не става дума за обратните спътници при някои планети).

В настоящата работа ние правим опит за обяснение на този странен факт — обратната ротация на Венера. Това обяснение почива върху теорията на приливите. Проблемът е извънредно сложен и тук даваме само едно схематично решение.

В края на миналия век Дж. Дарвин положи основите на „приливната еволюция“. В нея се дава в частност обяснение на факта, че Луната обръща винаги една и съща страна към Земята.

Като оставаме засега приблизително в идеите на Лаплас, ние считаме, че планетите са се образували за сметка на пръстени от частици, обикалящи около Слънцето. Скоростите на тези частици зависят от разстоянието им до Слънцето; по-близките частици имат по-големи скорости и поради това получените планети биха имали първоначално обратна ротация. Това трябва да се счита като общ закон.

Образуваните вече планети са подложени: 1) на приливното действие на Слънцето, което се стреми да направи планетите да обръщат към Слънцето една и съща страна — имаме вече директна ротация — и 2) на свиване; това причинява едно увеличение на скоростта на околоосното директно въртене на планетите и те идват в своето сегашно състояние.

Дори тъй далечният Нептун под действието на тези причини е придобил директна ротация. Но защо тъй близката до Слънцето планета Венера е запазила своята първоначална обратна ротация?

Приливното триене е явление, което е свързано с факта, че образуваното планетите на Слънчевата система вещество се отклонява от състоянието на идеална течност. Този процес е много бавен и неговото въздействие, натрупвайки се за продължително време, може да доведе до значителни изменения във въртенето на планетите от момента на съвместното им съществуване със Слънцето.

При разработването на проблеми, свързани с теорията на приливите, обикновено се въвеждат следните означения:

- $\omega$  — ъгловата скорост на въртене на Венера около своята ос;
- $N$  — момент на силите, действащи на планетата и възникващи вследствие на слънчевото приливно въздействие;
- $C$  — главен момент на инерция на Венера относно оста  $y$ ;
- $H$  — максимална амплитуда на прилива;
- $\rho$  — средна плътност на Венера;
- $R$  — радиус на планетата;
- $f$  — гравитационна константа;
- $M$  — маса на Слънцето;
- $a$  — разстояние на планетата до Слънцето;
- $m$  — маса на Венера;
- $2\varepsilon$  — ъглово закъснение на прилива;
- $\mu$  — твърдост на планетата;
- $\dot{\omega}$  — ъглово ускорение на планетата;
- $t$  — време.

Съгласно с резултатите на Джифрайс [5, 6, 7] ъгловото ускорение на Венера може да се определи от

$$(1) \quad \frac{d\omega}{dt} = -\frac{N}{C},$$

където

$$(2) \quad N = \frac{8}{5} \pi f \frac{MR^4}{a^3} \rho H \sin 2\varepsilon.$$

Ако приемем, че Венера е хомогенна сфера с радиус  $R$  и средна плътност  $\rho$ , то

$$(3) \quad C = \frac{8}{15} \pi \rho R^5.$$

Тъй като Венера сигурно не е хомогенна,  $C$  е по-малко от дадената с (3) стойност и следователно  $\frac{d\omega}{dt}$  е по-голямо.

Величините, които фигурират в дясната страна на (2), могат да бъдат пресметнати последователно. Така

$$(4) \quad H = \frac{5}{2(1+19\mu/2g_0R)} \frac{3}{4} \frac{MR^4}{ma^3},$$

където

$$(5) \quad g = \frac{fm}{R^2}.$$

Като положим в (4)

$$K = \frac{5}{2(1+19\mu/2g_0R)}, \quad H_0 = \frac{3}{4} \frac{MR^4}{ma^3},$$

ще получим

$$(6) \quad H = KH_0,$$

която величина зависи съществено от  $\mu$  и би могла да бъде табулирана. За твърдостта  $\mu$  и ъгъла  $\varepsilon$  трябва да се направят известни предположения, тъй като стойностите им за Венера са неизвестни.

При изследване на приливни явления Takeuchi [8] разглежда теоретични модели при  $\mu$  от  $10^7$  до  $10^{13}$  СГС на Земята.

В една своя работа от 1966 г. Goldreich и Soter [9] дават значения на ъгъла  $\varepsilon$  за различните планети. За планетите от земната група (Меркурий, Венера, Земята и Марс) и за спътниците на големите планети  $10 < Q < 500$ , където

$$(7) \quad \operatorname{tg} 2\varepsilon = \frac{1}{Q}.$$

За Венера съответно  $\varepsilon \geq 1^\circ,7$ . От данни за планински породи и за вътрешността на Земята се заключава, че  $\mu$  трябва да бъде най-малко от порядъка на  $10^{11}$  СГС. Ако за удобство  $\mu$  се представи във формата

$$(8) \quad \mu = b \cdot 10^{11} \text{ dyn/cm}^2,$$

те намират, че долната граница на  $b \sim 7$ .

За получаване на някои числени оценки при нашите изследвания е необходимо да се знае ъгловото ускорение на Венера, дължащо се на приливното действие на Слънцето. За тази цел са извършени изчисления на три серии от модели в зависимост от  $\mu$  и  $\varepsilon$ . Първата е при  $\mu = 10^3, 10^6$  и  $10^9$  МКС и  $\varepsilon$  от  $0^\circ,018$  до  $0^\circ,18$  със стъпка  $0^\circ,018$ . Втората е при  $\mu = 10^7, 10^8, 10^9, 10^{10}$  и  $10^{11}$  МКС и  $\varepsilon$  от  $0^\circ,18$  до  $1^\circ,8$  със стъпка  $0^\circ,18$ . Третата е при  $\mu = 10^7, 10^8, 10^9, 10^{10}$  и  $10^{11}$  МКС и  $\varepsilon = 4^\circ,5, 9^\circ, 13^\circ,5$  и  $18^\circ$ . Резултатите са дадени в табл. 1—3. Като начални значения на константите са взети [10]:

$$\begin{aligned} \rho &= 5,09 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3; \\ R &= 6114 \cdot 10^3 \text{ m}; \\ f &= 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2; \\ M &= 1,989 \cdot 10^{30} \text{ kg}; \\ a &= 108,2 \cdot 10^9 \text{ m}; \\ m &= 4,870 \cdot 10^{24} \text{ kg}. \end{aligned}$$

Изчисленията на моделите са извършени с помощта на електронна изчислителна машина „GIER“ по програма, записана на универсалния език АЛГОЛ [11].

Като се вземе някоя вероятна стойност за ъгловото ускорение на Венера и текущата стойност на нейната скорост на въртене около своята ос,

Таблица 1

$\varepsilon$	Ъглово ускорение на Венера $\dot{\omega}$ s <sup>-2</sup>		
	$\mu=10^8$	$\mu=10^9$	$\mu=10^{10}$
0,018	$7,764 \cdot 10^{-16}$	$7,764 \cdot 10^{-19}$	$7,764 \cdot 10^{-22}$
0,036	$1,553 \cdot 10^{-15}$	$1,553 \cdot 10^{-18}$	$1,553 \cdot 10^{-21}$
0,054	$2,329 \cdot 10^{-15}$	$2,329 \cdot 10^{-18}$	$2,329 \cdot 10^{-21}$
0,072	$3,106 \cdot 10^{-15}$	$3,106 \cdot 10^{-18}$	$3,106 \cdot 10^{-21}$
0,090	$3,882 \cdot 10^{-15}$	$3,882 \cdot 10^{-18}$	$3,882 \cdot 10^{-21}$
0,108	$4,659 \cdot 10^{-15}$	$4,659 \cdot 10^{-18}$	$4,659 \cdot 10^{-21}$
0,126	$5,435 \cdot 10^{-15}$	$5,435 \cdot 10^{-18}$	$5,435 \cdot 10^{-21}$
0,144	$6,211 \cdot 10^{-15}$	$6,211 \cdot 10^{-18}$	$6,211 \cdot 10^{-21}$
0,162	$6,988 \cdot 10^{-15}$	$6,988 \cdot 10^{-18}$	$6,988 \cdot 10^{-21}$
0,180	$7,764 \cdot 10^{-15}$	$7,764 \cdot 10^{-18}$	$7,764 \cdot 10^{-21}$

Таблица 2

$\varepsilon$	Ъглово ускорение $\dot{\omega}$ s <sup>-2</sup> при				
	$\mu=10^7$	$\mu=10^8$	$\mu=10^9$	$\mu=10^{10}$	$\mu=10^{11}$
0,18	$7,764 \cdot 10^{-19}$	$7,764 \cdot 10^{-20}$	$7,764 \cdot 10^{-21}$	$7,764 \cdot 10^{-22}$	$7,764 \cdot 10^{-23}$
0,36	$1,553 \cdot 10^{-18}$	$1,553 \cdot 10^{-19}$	$1,553 \cdot 10^{-20}$	$1,553 \cdot 10^{-21}$	$1,553 \cdot 10^{-22}$
0,54	$2,329 \cdot 10^{-18}$	$2,329 \cdot 10^{-19}$	$2,329 \cdot 10^{-20}$	$2,329 \cdot 10^{-21}$	$2,329 \cdot 10^{-22}$
0,72	$3,105 \cdot 10^{-18}$	$3,105 \cdot 10^{-19}$	$3,105 \cdot 10^{-20}$	$3,105 \cdot 10^{-21}$	$3,105 \cdot 10^{-22}$
0,90	$3,882 \cdot 10^{-18}$	$3,882 \cdot 10^{-19}$	$3,882 \cdot 10^{-20}$	$3,882 \cdot 10^{-21}$	$3,882 \cdot 10^{-22}$
1,08	$4,658 \cdot 10^{-18}$	$4,658 \cdot 10^{-19}$	$4,658 \cdot 10^{-20}$	$4,658 \cdot 10^{-21}$	$4,658 \cdot 10^{-22}$
1,26	$5,433 \cdot 10^{-18}$	$5,433 \cdot 10^{-19}$	$5,433 \cdot 10^{-20}$	$5,433 \cdot 10^{-21}$	$5,433 \cdot 10^{-22}$
1,44	$6,209 \cdot 10^{-18}$	$6,209 \cdot 10^{-19}$	$6,209 \cdot 10^{-20}$	$6,209 \cdot 10^{-21}$	$6,209 \cdot 10^{-22}$
1,62	$6,984 \cdot 10^{-18}$	$6,984 \cdot 10^{-19}$	$7,984 \cdot 10^{-20}$	$6,984 \cdot 10^{-21}$	$6,984 \cdot 10^{-22}$
1,80	$7,759 \cdot 10^{-18}$	$7,759 \cdot 10^{-19}$	$7,759 \cdot 10^{-20}$	$7,759 \cdot 10^{-21}$	$7,759 \cdot 10^{-22}$

Таблица 3

$\varepsilon$	Ъглово ускорение $\dot{\omega}$ s <sup>-2</sup> при				
	$\mu=10^7$	$\mu=10^8$	$\mu=10^9$	$\mu=10^{10}$	$\mu=10^{11}$
4,5	$1,933 \cdot 10^{-17}$	$1,933 \cdot 10^{-18}$	$1,933 \cdot 10^{-19}$	$1,933 \cdot 10^{-20}$	$1,933 \cdot 10^{-21}$
9,0	$3,819 \cdot 10^{-17}$	$3,819 \cdot 10^{-18}$	$3,819 \cdot 10^{-19}$	$3,819 \cdot 10^{-20}$	$3,819 \cdot 10^{-21}$
13,5	$5,610 \cdot 10^{-17}$	$5,610 \cdot 10^{-18}$	$5,610 \cdot 10^{-19}$	$5,610 \cdot 10^{-20}$	$5,610 \cdot 10^{-21}$
18,0	$7,263 \cdot 10^{-17}$	$7,263 \cdot 10^{-18}$	$7,263 \cdot 10^{-19}$	$7,263 \cdot 10^{-20}$	$7,263 \cdot 10^{-21}$

може да се оцени порядъкът на времето  $\tau$ , за което обратната ротация под действието на Слънцето ще се обърне в права.

Като имаме пред вид съображенията на Goldreich и Soter, приемаме  $\dot{\omega} = 7,759 \cdot 10^{-22}$  s<sup>-2</sup> при  $\varepsilon = 1^\circ,8$  и  $\mu = 10^{11}$  МКС. Тази стойност е близка до стойността  $5 \cdot 10^{-22}$  s<sup>-2</sup>, получена по Джифрайс [5], който заключава, че ако свойствата на Земята и Венера бяха сходни, изменението на скоростта на въртене на Венера трябва да бъде около 2 пъти по-голямо от изменението на скоростта на въртене на Земята вследствие съвместното действие на Слънцето и Луната. За период на обратната ротация на Венера взимаме 250 денонощия, както показват резултатите от последните



радиолокационные наблюдения [12]. Като изключим при тази приблизителна оценка свиването на планетата, получаваме  $\tau = 1,2 \cdot 10^7$  години. Тъй като с приближаване на ротационния период към периода на обиколка около Слънцето закъснението на прилива се намалява,  $\omega$  не остава постоянно за целия интервал от време, а се намалява. По-такъв начин ние даваме само една приблизителна долна граница на интервала от време, за което сегашната обратна ротация на Венера ще се обърне в права.

Самият факт, че Венера притежава обратна ротация, а също и получените числени оценки поставят под съмнение хипотезата за нейното образуване заедно с другите планети от Слънчевата система и свидетелствуват, че тя е една относително млада планета.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бонев Н., Бюлл. ВАГО, № 15 (22), Москва, 1954, 41.
2. Котелников В. А. и др., Доклады АН СССР, 151, Москва, 1963, 532.
3. Carpenter R. L., Astron. J., 69, 1964, 2.
4. Goldstein R. M., Astron. J., 69, 1964, 12.
5. Jeffreys H., The Earth. Cambridge, 1959
6. Jeffreys H., MN RAS, 117, 1957, 506.
7. Jeffreys H., MN RAS, 117, 1957, 585.
8. Takeuchi H., Trans. Amer. Geophys. Un., 31, 1950, 651.
9. Goldreich P., S. Soter, Icarus, 5, 1966, 375.
10. Landolt-Börnstein, Zahlenwerten u. Funktionen Gruppe VI, Bd. I, Astronomie u. Astrophysik, Springer Verlag, 1965.
11. Backus J. W. et. al., Revised Report on the Algorithmic Language ALGOL 60, Copenhagen, 1962.
12. Carpenter R. L. Astron. J., 71, 1966, 142.

*Постъпила на 3. I. 1967 г.*

#### ОБ ОБРАТНОМ ВРАЩЕНИИ ВЕНЕРЫ

*Н. Бонев и Л.-А. Садовски*

(Резюме)

В настоящей работе авторами дается объяснение странному факту, что Венера, как показывают новейшие советские и американские радиолокационные измерения, вращается в обратную сторону с периодом около 250 суток. Объяснение основывается на действии приливов Солнца. Оказывается, что Венера является сравнительно более молодой планетой и что Солнце еще не успело обернуть ее обратное вращение в прямое.

## SUR LA ROTATION DE VÉNUS

*N. Boneff et L.-A. Sadovsky*

(Résumé)

Une limite inférieure de trois jours pour la période de rotation de Vénus a été trouvée par N. Boneff, il y a environ 15 ans. Toutes les déterminations ultérieures de cette période ont donné des valeurs plus grandes, comme on devrait s'attendre. Les dernières déterminations, soviétique et américaine, donnent la valeur 250 jours environ et, ce qui est remarquable, elles montrent que la rotation de Vénus est rétrograde.

Toutes les planètes ont dû avoir initialement une rotation rétrograde, mais l'action de marée solaire a changé le sens de la rotation. La rotation est devenue directe même pour la planète lointaine Neptune.

Comment expliquer le cas de Vénus? Les auteurs supposent que cette planète est relativement jeune et que le Soleil n'a pas eu le temps nécessaire pour changer par son action de marée le sens de sa rotation.