

УДК 523.4

Астероид 1627 Ивар. *UBV*-фотометрия, период и направление вращения

Д. Ф. Луишко, Ф. П. Величко, В. Г. Шевченко

В течение пяти ночей в июле — августе 1985 г. впервые проведена детальная фотометрия астероида 1627 Ивар. Получены кривые блеска, фазовая зависимость блеска, показатели цвета астероида. Анализ результатов наблюдений показал, что астероид Ивар вращается в прямом направлении с периодом $\bar{P}_{syn} = 4.7979 \pm 0.0001^h$ и имеет сильно вытянутую форму. Проанализирована фазовая зависимость блеска, сделаны оценки размера и вытянутости астероида.

ASTEROID 1627 IVAR. UBV PHOTOMETRY, PERIOD AND SENSE OF ROTATION, by Lupishko D. F., Velichko F. P., Shevchenko V. G. — During 5 nights in July — August 1985 a detailed photometry of 1627 Ivar was carried out for the first time. Light curves, magnitude-phase relation, colour indexes were obtained. The results of observations show that Ivar has a very elongated form and prograde rotation with the period $\bar{P}_{syn} = 4.7979 \pm 0.0001^h$.

Настоящая работа — продолжение программы фотоэлектрической фотометрии астероидов, осуществляемой в Астрономической обсерватории Харьковского университета для изучения их геометрических (форма, размеры), динамических (скорость и направление вращения, ориентация оси вращения в пространстве) и оптических (блеск, цвет, альbedo, рассеивающие свойства поверхности) характеристик. Такие исследования дают конкретную информацию о каждом отдельном объекте, а также позволяют расширить наши представления о поясе астероидов в целом и дополнить имеющиеся статистические данные, используемые при решении космогонических и других вопросов.

Астероид 1627 Ивар, поперечник которого составляет всего несколько километров, — представитель группы Амура, в перигелии приближается к орбите Земли на расстояние 0.12 а. е. [2]. Имеются данные о цвете Ивара [11], величине радиометрического альbedo и спектральной отражательной способности [6]. По значениям показателей цвета Ивар предварительно классифицирован как S-астероид. Однако подробных фотометрических исследований его (с получением кривых блеска, фазовых зависимостей блеска и цвета, оценкой параметров вращения и др.) до настоящего времени не было.

Наблюдения Ивара проведены в июле — августе 1985 г. на 70-см рефлекторе АЗТ-8 АО ХГУ в системе, близкой к стандартной *UBV*, с использованием фотоэлектрического фотометра, работающего в режиме счета фотонов. Средняя квадратичная погрешность одного измерения для $V=10-11^m$ составляет $\sigma_V = 0.015^m$ при времени накопления сиг-

Таблица 1. Характеристики звезд сравнения

Звезда сравнения	α_{1950}	δ_{1950}	V	$B-V$	$U-B$
<i>a</i>	23 ^h 21.0 ^m	6°25'	11.50 ^m	0.88 ^m	0.71 ^m
<i>b</i>	23 26.5	6 05	10.32	—	—
<i>c</i>	0 16.4	1 10	11.82	—	—
<i>d</i>	0 54.5	—4 50	11.99	—	—
<i>e</i>	1 04.1	—6 50	10.89	—	—
HD 219 829	23 16.3	5 08	8.00	0.83	0.43

нала $t=30$ с. В течение ночи наблюдения проводились с одной звездой сравнения, которая выбиралась не далее чем в $30'$ от астероида. Значения блеска и показателей цвета звезд сравнения, полученные в результате привязки их к стандарту HD 219 829 [3], даны в табл. 1. Координаты некаталогизированных звезд на эпоху 1950.0 взяты по звездному атласу [10].

В табл. 2 приведены эфемеридные данные астероида для среднего (за ночь) момента наблюдений — эклиптические координаты λ , β , гелио- и геоцентрические расстояния r , Δ , фазовый угол α .

Кривые блеска и фотометрические параметры. Условия видимости Ивара позволяли проводить наблюдения только во второй половине но-

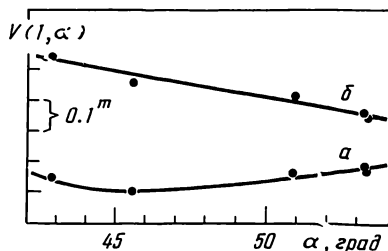
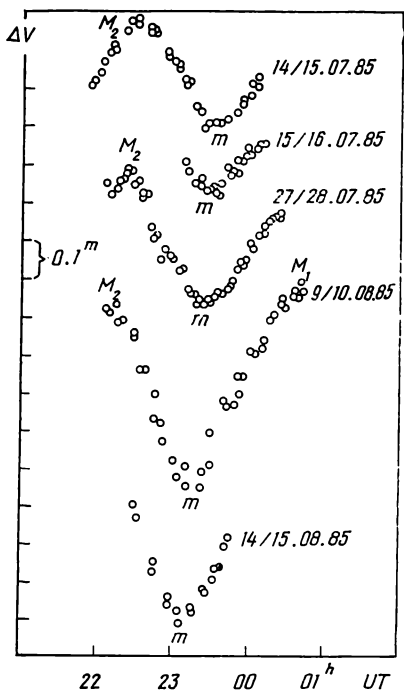


Рис. 2. Наблюденная часть фазовой зависимости блеска астероида 1627 Ивар. Точками показаны значения $V(1, \alpha)$, полученные с учетом изменения амплитуды кривой блеска

Рис. 1. Кривые блеска астероида 1627 Ивар

чи в течение не более 2.5 ч. Поэтому измерить вариации блеска в интервале полного периода вращения не удалось. На рис. 1 приведены полученные кривые блеска Ивара.

Табл. 3 содержит измеренные значения фотометрических параметров астероида — блеска $V(1, \alpha)$ в минимуме кривой блеска m , показателей цвета $B-V$ и $U-B$ и амплитуд M_1-m и M_2-m (рис. 1). Большая амплитуда кривой блеска (не менее 0.51^m) свидетельствует о значительной вытянутости астероида. Заметим, что при других углах аспекта (угол между осью вращения астероида и лучом зрения) амплитуда может быть еще больше. Так, Цельнер и др. [11] отмечали изменение звездной величины Ивара на 0.66^m за время наблюдения 45 мин. При этом изменения цвета с вращением астероида не обнаружены.

Таблица 2. Эфемеридные данные Ивара

Средний момент наблюдения, 1985 UT	λ_{1980} , град	β_{1980} , град	r , а. е.	Δ , а. е.	α , град
Июль 14.954	353.81	9.76	1.1240	0.2008	53.25
Июль 15.988	354.79	8.95	1.1242	0.2008	53.17
Июль 27.969	4.24	-0.60	1.1326	0.2061	50.82
Август 9.975	10.61	-9.96	1.1566	0.2210	45.52
Август 14.958	12.00	-13.06	1.1694	0.2295	42.80

Поскольку ориентация оси вращения астероида в пространстве не известна, то оценить отношение осей его фигуры пока не представляется возможным. Можно лишь утверждать, что если форму астероида представить эллипсоидом вращения, то при амплитуде $\Delta m \geq 0.66^m$ отношение двух осей этого эллипсоида составит не менее 1.8.

Изменение амплитуды кривой блеска $M_2 - m$ за период наблюдений составило 0.19^m . Такое большое изменение объясняется прежде всего значительным изменением величины проекции наблюдаемой освещенной части вытянутого астероида на картинную плоскость вследствие быстрого движения его по небесной сфере.

Таблица 3. Результаты фотометрии Ивара

$V(1, \alpha)$	$B-V$	$U-B$	$m-M_1$	$m-M_2$	Звезда сравнения
14.43 ^m	0.91 ^m	0.52 ^m	—	0.27 ^m	<i>a</i>
14.42	—	—	—	—	<i>b</i>
14.44	—	—	—	0.35	<i>c</i>
14.50	—	—	$\geq 0.51^m$	0.46	<i>d</i>
14.45	—	—	—	—	<i>e</i>

Таблица 4. Моменты экстремумов кривой блеска Ивара

<i>J. D. (c) 2 446 200+</i>	
M_2	m
61.437 ^d	61.478 ^d
—	62.478
74.432	74.474
—	87.468
—	92.464
± 0.002	± 0.002

На рис. 2 (линия *a*) показан измеренный фазовый ход блеска Ивара в минимуме m . Обращает на себя внимание совершенно неожиданный характер изменения блеска астероида с углом фазы α , который раньше не отмечался для других астероидов. Вместо обычного уменьшения происходит возрастание блеска с увеличением α . Такой аномальный ход фазовой зависимости является результатом значительных аспектных изменений астероида в течение периода наблюдений, которые, в частности, привели к значительному увеличению амплитуды кривой блеска. Эти изменения обусловлены одновременным действием вытянутой формы астероида и изменения угла аспекта вследствие быстрого движения астероида по небесной сфере. Известно, что аспектные изменения больше влияют на блеск астероида в минимуме кривой блеска и гораздо меньше — в максимуме [7]. На рис. 2 (линия *b*) представлена фазовая зависимость блеска Ивара, соответствующая максимуму кривой блеска M_2 . Ход ее качественно согласуется с фазовыми кривыми других астероидов и описывается линейной функцией $V(1, \alpha) = 13.22 + 0.017 \alpha$. При этом значение фазового коэффициента $\beta_V = 0.017 + 0.002$ зв.вел/град оказалось одним из самых малых среди известных для астероидов [1]. Не исключено, что такое значение β_V частично обусловлено относительно высоким альбедо астероида $p_V = 0.23$ [6] (например, астероид 44 Низа [TRIAID]), а также влиянием аспектных изменений на абсолютный блеск астероида. К сожалению, учесть это влияние, не зная ориентации оси вращения астероида, трудно.

Блеск астероида, экстраполированный на $\alpha = 0^\circ$ и $V(1, 0) = 13.22 \pm 0.10^m$, тоже может быть занижен по этой же причине. Использование его вместе с данными радиометрических измерений, упомянутых в работе [6]. Однако с учетом возможного завышения $V(1, 0)$ реальный диаметр Ивара может быть больше на 1—2 км.

Измерения показателей цвета $B-V$ и $U-B$ проведены в максимуме кривой блеска M_2 при $\alpha = 53.25^\circ$. Их значения (табл. 3) несколько отличаются от приведенных в работе [11] ($B-V = 0.86^m$ и $U-B = 0.45^m$ при $\alpha = 9.7^\circ$), однако эти различия хорошо объясняются эффектом покраснения с углом фазы, характерным для S-астероидов [4].

Период и направление вращения. В табл. 4 представлены моменты экстремумов кривой блеска Ивара в юлианских днях, исправленные за световой промежуток. Как видно из табл. 4 и рис. 1, положение минимума t приходится практически на одно и то же время суток независимо от даты наблюдений. Если это один и тот же минимум кривой блеска Ивара, то данный факт свидетельствует о том, что период вращения астероида укладывается в 1 сут. целое число раз. Анализ данных табл. 4 показал, что между любыми комбинациями однотипных моментов экстремумов укладывается целое число циклов продолжительностью 4, 4.8 и 6^h с ошибкой не более 0.002^h. Это означает, что на кривых

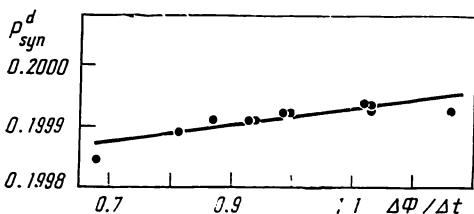


Рис. 3. Зависимость видимого периода вращения астероида 1627 Ивар от угловой скорости перемещения его по небесной сфере

блеска (рис. 1) зафиксирован действительно один и тот же минимум. Следовательно, нашим наблюдениям с высокой степенью точности удовлетворяют все три приведенные выше значения периода. Выбор между ними можно сделать, используя то, что для астероидов с большими амплитудами вариаций блеска с вращением характерны регулярные формы кривых блеска с симметричным расположением экстремумов по фазе вращения. Именно таковы относительно регулярные кривые у астероидов с большими амплитудами и короткими периодами [9] (например, кривая блеска астероида 201 Пенелопа [5]). Этому критерию лучше всего удовлетворяет период 4.8^h.

Моменты экстремумов кривых блеска, как известно, содержат также информацию о направлении вращения астероида вокруг оси. Рис. 3 иллюстрирует результаты определения направления вращения Ивара методом анализа кривых блеска одного противостояния [8]. Он показывает изменение синодического периода вращения астероида в зависимости от угловой скорости перемещения астероида по небесной сфере $\Delta\Phi/\Delta t$ в соответствии с выражением

$$P_{syn} = P \pm (\Delta\Phi/\Delta t) (P^2/360),$$

где P — истинный, т. е. сидерический период вращения. P_{syn} вычисляется, исходя из экстремумов t и M_2 для всех возможных в наших наблюдениях интервалов времени Δt . Знак тангенса угла наклона этой регрессии определяется направлением вращения астероида. Положительный наклон прямой (рис. 3) свидетельствует о том, что астероид 1627 Ивар вращается в прямом направлении. При этом знак тангенса не зависит от того, какому значению периода отдано предпочтение. Однако ближе всего к наблюдаемому наклону находится расчетное значение тангенса угла наклона, соответствующее $P=4.8^h$, что можно считать еще одним свидетельством в пользу этого значения периода вращения.

Таким образом, вращение астероида 1627 Ивар происходит в прямом направлении с наиболее вероятным значением периода $\bar{P}_{syn} = 4.7979 \pm 0.0001^h$.

1. Лупишко Д. Ф., Бельская И. Н. Результаты астрофизических исследований астероидов. I (обзор) // Астрон. вестн.—1982.—16, № 4.—С. 195—208.
2. Симоенко А. Н. Астероиды.— М.: Наука, 1985.—204 с.
3. Blanco V. M., Demers S., Douglass G. G. et al. Photoelectric catalogue magnitudes and colors of stars in the U, B, V and U_c, B, V systems // Publ. U. S. Nav. Observ. 2nd series.—1968.—21.—P. 1—772.

4. *Bowell E., Lumme K.* Colorimetry and magnitudes of asteroids. Asteroids / Ed. T. Gehrels.—Tucson; Arizona: Arizona Univ. press, 1979.—P. 132—169.
5. *Lagerkvist C.-I., Rickman H., Scaltriti F., Zappala V.* Physical studies of asteroids. VI. Asteroid 201 Penelope, a fast rotator // Astron. and Astrophys.—1981.—104, N 1.—P. 148—149.
6. *McFadden L. A., Gaffey M. J., McCord T. B.* Mineralogical-petrological characterization of near-Earth asteroids // Icarus.—1984.—59, N 1.—P. 25—40.
7. *Surdej A., Surdej J.* Asteroid lightcurves simulated by the rotation of a three-axes ellipsoid model // Astron. and Astrophys.—1978.—66, N 1.—P. 31—36.
8. *Taylor R. C., Tedesco E. F.* Pole orientation of asteroid 44 Nysa via photometric astrometry, including a discussion of the methods application and its limitation // Icarus.—1983.—54, N 1.—P. 13—22.
9. *Tedesco E. F., Zappala V.* Rotational properties of asteroids: correlation and selection effects // Ibid.—1980.—43, N 1.—P. 33—50.
10. *Vehnenberg H.* Atlas stellarum 1950.0.—Dusseldorf; Treugesell, 1970.—352 p.
11. *Zellner B., Andersson L., Gradie J.* UVB-photometry of small and distant asteroids // Icarus.—1977.—31, N 4.—P. 447—455.

Астрон. обсерватория Харьков. ун-та им. А. М. Горького,
Харьков

Поступила в редакцию
13.12.85,
после доработки 22.01.86

РЕФЕРАТ ПРЕПРИНТА

УДК 523.94—355

ПОКРОВНЫЙ ЭФФЕКТ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЕ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ЦЕНТР — КРАЙ НА ДИСКЕ СОЛНЦА / Осипов С. Н.

(Препринт / АН УССР, Ин-т теорет. физики; ИТФ-86—73Р)

На основе Льежского атласа солнечного спектра выведены покровные коэффициенты поглощения фраунгоферовыми линиями в спектре центра диска Солнца в области $\lambda\lambda$ 360—930 нм. При обработке данных в области $\lambda\lambda$ 360—685 нм, в которой масштаб условной шкалы интенсивностей Льежского атласа изменяется наиболее значительно, для исключения влияния ошибок, вносимых локальными возмущениями этой шкалы, интенсивности атласа были переведены в абсолютные энергетические единицы. Для этого использовались данные Неккела — Лабса о распределении энергии в спектре центра диска, имеющие высокую внутреннюю точность. При обработке атласа в области $\lambda\lambda$ 685—930 нм особое внимание уделялось учету влияния теллурических линий; для чего применялся специально разработанный метод.

На телескопах АЦУ-5 (Киев) и СЭФ-1 (ВНБ «Терскол», Сев. Кавказ) методом фотоэлектрического сканирования проведены наблюдения потемнения к краю солнечного диска. Измерения выполнялись в 111 спектральных участках шириной 5 нм и дополнительно в 12 окнах континуума. Полученные данные исправлены за влияние флуктуаций прозрачности земной атмосферы, рассеянного света в спектрографе, в атмосфере и на зеркалах телескопа, а также замывания изображения диска Солнца. Результаты, полученные в равнинных и высокогорных условиях, хорошо согласуются между собой.

На основе этих данных исследовано изменение покровного эффекта при переходе центр — край на диске Солнца. Кроме того, получены покровные коэффициенты в спектре Солнца как звезды. Показано, что в среднем покровный эффект увеличивается к краю диска, достигая максимального значения в области $\cos \theta = 0.3—0.5$. Однако в участках, включающих сильные линии ионизованного кальция и бальмеровской серии водорода, к краю наблюдается уменьшение покровных коэффициентов.