

УДК 523.3

Дистанционная оценка пористости поверхности некоторых астероидов

Ю.Е. Навроцкий

Черниговский национальный педагогический университет имени Т.Г.Шевченко

В предположении, что индикатриса рассеяния поверхности астероидов такая же, как и у Луны, и используя фазовые зависимости блеска некоторых астероидов при фазовых углах $\alpha < 5^\circ$, получили значения пористости в пределах $0,469 < p < 0,894$.

ДИСТАНЦІЙНА ОЦІНКА ПОРИСТОСТІ ПОВЕРХНІ ДЕЯКИХ АСТЕРОЇДІВ, Навроцький Ю.Є. — Зробивши припущення, що індикатриса розсіювання поверхні астероїдів така ж сама, як і у Місяця, і використовуючи фазову залежність блиску для кутів $\alpha < 5^\circ$ для деяких астероїдів отримали значення пористості в межах $0,469 < p < 0,894$.

REMOTE ESTIMATION OF SOME ASTEROIDS' SURFACE POROSITY, by Navrotsky Yu.E. — It has been suggested that the surface of the asteroid scattering function is the same as that of the Moon, and using phase depending shine some asteroids at phase angles $\alpha < 5^\circ$, porosities were estimated in the range $0,469 < p < 0,894$.

Ключевые слова: дистанционное определение пористости; поверхность астероида.

Key words: remote estimation of porosity; remote asteroid surface.

1. ВВЕДЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Исследования космических тел базируются, в основном, на дистанционных методах анализа отраженного ими или собственного электромагнитного излучения без непосредственного контакта с ними. Из всего спектрального диапазона, в котором производятся исследования, лидирующее место занимает фотометрия.

Астероиды имеют малые угловые размеры, поэтому все оптические свойства астероидов можно получить из интегрально отраженного излучения. При этом информация о пористости поверхности содержится в фазовых зависимостях блеска.

Блеск астероидов в основном меняется линейно с изменением фазового угла α от 6° до 30° , и нелинейно для $\alpha < 6^\circ$. Нелинейное увеличение блеска, обнаруженное Герелсом и Коффеном [3], получило название «опозиционный эффект».

В настоящее время для анализа поверхности безатмосферных тел часто используется более точная теория Хапке [6–9] которая содержит пять параметров. И для того, чтобы получить совпадение наблюдательных данных с теоретическими, нужно оперировать одновременно с пятью параметрами, что приводит к неоднозначности их значений.

Для анализа фазовых зависимостей безатмосферных тел (Луна, астероиды, некоторые спутники планет) мы будем использовать формулы, полученные Мороженко и Яновицким [1] для интегральной Луны; для получения этих формул авторы использовали модель поверхности Хапке [4, 5].

Применим эту формулу, исходя из таких предположений:

- поверхность астероидов имеют такую же индикатрису рассеяния, что и Луна;
- частицы полностью непрозрачны ($\kappa = 1$).

Исходя из наших предположений, неизвестным остается только один параметр g — фактор упаковки. Если учесть, что в работе [1] показано, что добавка в интенсивности за счет многократного рассеяния практически не влияет на форму эффекта опозиции, то для упрощения расчётов мы будем учитывать только однократное рассеяние, тогда интегральная формула отражения имеет следующий вид.

$$h(\alpha) = \frac{\lambda}{4} \cdot \chi(\pi - \alpha) \cdot G(a, g), \quad (1)$$

где левая часть

$$h(\alpha) = \frac{\pi}{2} \left(\frac{r_1 \Delta}{Ra} \right)^2 \cdot 2,512^{m_0 - m(\alpha)} \quad \text{— берется из наблюдений,}$$

Таблица 1

№ п/п	Астероиды	p
1	16 Psyche	0.788
2	20 Masslua 4 Vesta 110 Lidia	0.841
3	83 Beatrix	0.681
4	126 Velleda	0.841
5	4979 Otavara	0.469
6	6489 Golevka	0.894
7	Varuna et.al.	0.841

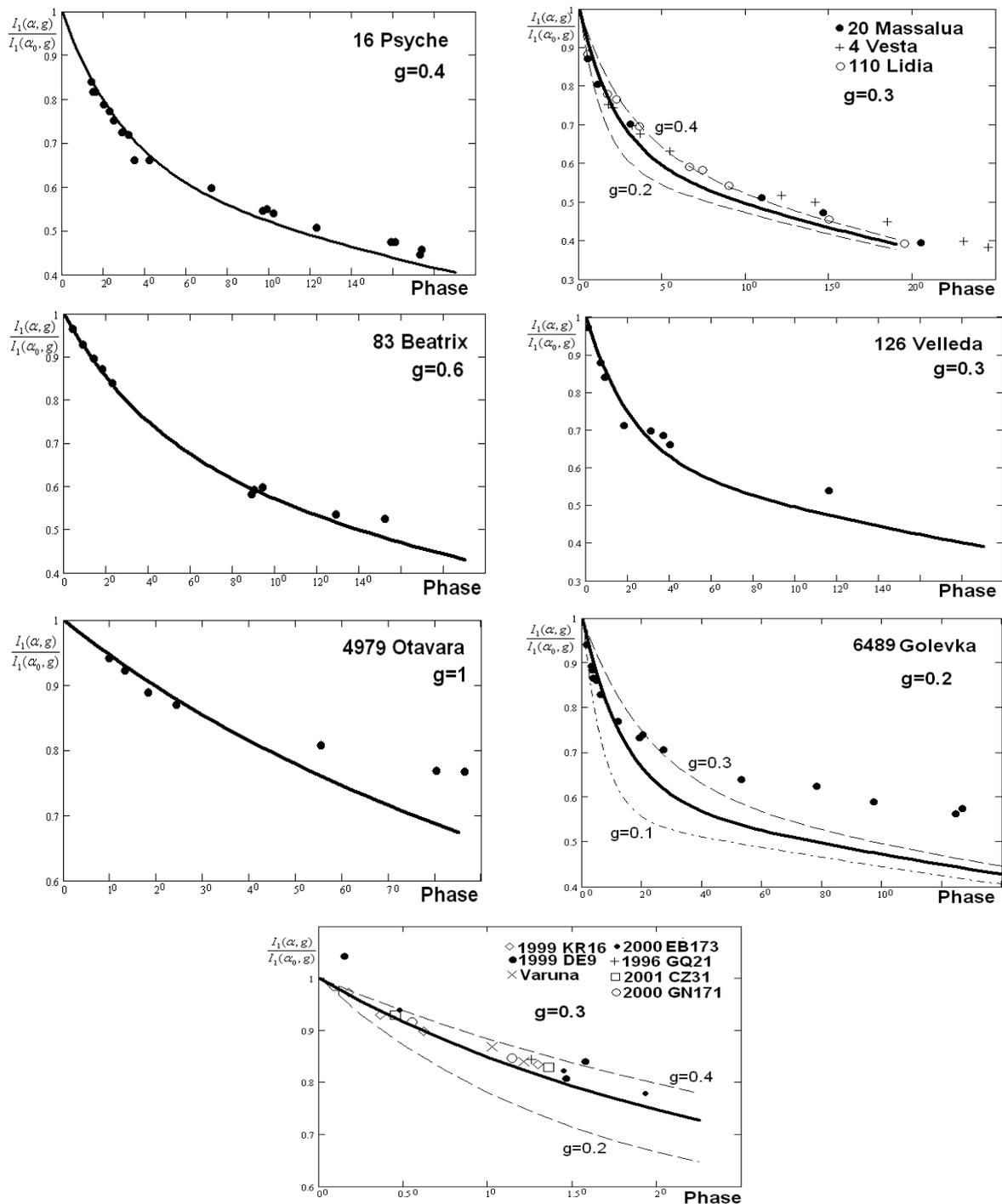


Рис. 1. Результаты сравнения зависимости $\frac{h(\alpha, g)}{h(\alpha_0, g)}$ (сплошные линии по формуле (1)) и наблюдений (точки) для различных объектов [10–13]

$$G(\alpha, g) = \exp \left[\frac{1}{\pi} \left(\frac{g}{2} \right)^{3/2} \right] \cdot \int_{\alpha-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\eta \zeta}{\eta + \zeta} d\omega \cdot \int_0^{\pi} J(y) \cdot \cos \psi d\psi,$$

$$J(y, \kappa) = y \cdot \int_0^1 e^{-y \cdot s(x, \kappa)} dx + e^{-y},$$

$$y = \frac{3}{8\sqrt{2}} g^{3/2} \cdot k \cdot \left(\frac{1}{\zeta} + \frac{1}{\eta} \right) \cdot \left(1 + \zeta \cdot \eta \cdot \operatorname{cosec}^2 \frac{\alpha}{2} \right)^{1/2}$$

$$s(x, \kappa) = \left(1 - \frac{\kappa}{2} + \frac{\kappa \arcsin x}{\pi} \right) \cdot x + \frac{\kappa}{3\pi} \sqrt{1-x^2} (2+x^2),$$

χ — индикатриса рассеяния частицы, ζ, η — косинусы углов падения ι и отражения ε соответственно g — фактор упаковки, κ — поперечник ослабления, который указывает, какая часть светового потока, попавшая внутрь контура частицы, уходит из параллельного пучка, поглощаясь и рассеиваясь в стороны (для полностью непрозрачных частиц $\kappa = 1$).

Фактор упаковки g связан с плотностью рассматриваемой области ρ , таким соотношением

$$g = 2 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{1/3},$$

где ρ — плотность элемента объема рассматриваемой области, ρ_0 — плотность частицы рассматриваемой области на поверхности астероида.

Зная фактор упаковки g , можно определить пористость верхнего слоя поверхности астероида по формуле

$$p = 1 - 0,354 \cdot g^{3/2}.$$

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРА УПАКОВКИ

Каждый астероид имеет свои фотометрические особенности, что в свою очередь говорит об индивидуальных физико-химических свойствах их поверхности, в том числе и разные значения фактора упаковки.

Используя результаты наблюдений фазовых зависимостей блеска астероида, для углов фазы $\alpha < 5^\circ$ и сравнивая их с законом отражения (1) для различных значений g , можно добиться их хороших совпадений, тем самым определить фактор упаковки рассматриваемого объекта.

В настоящей работе для определения фактора упаковки g было сделано следующее:

1) В формуле (1) принималось, что индикатриса рассеяния частиц поверхности χ на всех фазовых углах (включая и область оппозиции $\alpha < 5^\circ$) имеет такие же значения, что и Луна [1].

2) Определялось отношение $\frac{h(\alpha, g)}{h(\alpha_0, g)}$, где $h(\alpha, g)$ — зависимость (1) для фазового угла α , а $h(\alpha_0, g)$ — значение зависимости (1) для углов фазы $\alpha_0 = 0^\circ$.

3) На график наносились значения зависимости (1), отнесенные к нулевой фазе.

Добиваясь наилучшего совпадения экспериментальных данных и зависимости $\frac{h(\alpha, g)}{h(\alpha_0, g)}$ при различных g для фазовых углов $\alpha < 5^\circ$, были определены значения фактора упаковки для выбранных астероидов.

Все расчеты проводились с использованием программы MathCad.

Результаты сравнения изображены на рис. 1, где так же указаны значения параметра g . По найденным значениям фактора упаковки g можно определить пористость выбранных астероидов. Все найденные значения пористости p приведены в табл. 1.

3. ВЫВОДЫ

В результате наших исследований показана возможность дистанционного определения пористости поверхности избранных астероидов путем проведения анализа данных астрономических наблюдений.

1. Морозенко А.В., Яновицкий Э.Г., Оптические свойства поверхностного слоя Луны // Астрон. журн. — 1971. — **48**, № 1. — С. 172–183.
2. Le Bras A, Dotto E., Fulchignoni, et.al. The 2000 Rosetta asteroid targets observational campaign: 140 Siwa and 4979 Otawara // A&A. — 2001. — **379**. — P. 660–663.
3. Gehrels T., Coffeen D.L., Owings D. Wavelength dependence of polarization. III. The lunar surface// Astron.J. — 1964. — **69**, № 10. — P. 826–852.
4. Napke B. A theoretical function for the lunar surface// Geophys.Res. — 1963. — **68**, № 15. — P. 4571–4586.
5. Napke B. An improved the theoretical lunar photometric function // Astron.J. — 1966. — **71**, № 5. — P. 333–339.
6. Napke B.W. Bidirectional reflectance spectroscopy. 1. Theory // J. Geophys. Res. — 1981. — **86**, № B4. — P. 3039–3054.

7. *Hapke B.W.* Bidirectional reflectance spectroscopy. 3. Correction for macroscopic roughness // *Icarus*. — 1984. — **59**, № 1. — P. 41–59.
8. *Hapke B.W.* Bidirectional reflectance spectroscopy 4. The extinction coefficient and opposition effect // *Icarus*. — 1986. — **67**, № 2. — P. 264–280.
9. *Hapke B.W., Wells E.* Bidirectional reflectance spectroscopy. 2. Experiments and observations // *J. Geophys. Res.* — 1981. — **86**, № B4. — P. 3055–3060.
10. *Krugly Yu.N., Shevchenko V.G., Velichko F.P., et.al.* Asteroid 83 Beatrix — photometry and model // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* — 1994. — **108**. — P. 143–149.
11. *Mottola S., Erikson A., Harris A., Hahn W.G., Neukum G.* Physical model of near-earth asteroid 6489 golevka (1991 jx) from optical and infrared observations // *The Astronomical journal*. — 1997. — **114**, № 3. — P. 1234–1245.
12. *Sheppard S.S., Jewitt D.C.* Time-resolved photometry of kuiper belt objects: rotations, shapes, and phase functions // *The Astronomical Journal*. — 2002. — **124**. — P. 1757–1775.
13. *Taylor R.C., Gehrels T., Silvester A.B.* Minor Planets and Related Objects. VI. Asteroid (110) Lydia // *The Astronomical Journal*. — 1971. — **76**, № 2. — P. 141–146.

Поступила в редакцію 19.10.2012

НОВІ ВИДАННЯ



Бурачек В.Г., Железняк О.О., Зацерковний В.І. Основи геоінформаційних систем: монографія. — Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2011. — 512 с.

У монографії визначена та сформульована сутність геоінформації, геоінформаційних технологій (ГІТ), понятійний апарат геоінформаційних систем (ГІС) і їх функціональні можливості. Розглянуті питання введення даних і їх цифрування, наведені короткі характеристики провідних ГІС, їх переваги та недоліки. Висвітлені питання створення електронних карт і їх збереження за допомогою ГІТ. Представлені концептуальні основи ГІС, мета та принципи їх побудови ГІС, розглянуті сучасні технології обробки геопросторової інформації, моделі, що лежать у їх основі, сучасні напрями застосування ГІС і перспективи їх розвитку. Викладені моделі й алгоритми, що лежать в основі ГІС. Розглянуті програмні засоби реалізації, інтеграції даних і технологій. Монографія містить графічні ілюстрації, що пояснюють роботу ГІС. Книга може бути корисною для науковців, керівників державних установ, викладачів вищої школи, аспірантів і студентів.

Зміст

- I. Загальні поняття про інформаційні та геоінформаційні системи
- II. Історія розвитку ГІС
- III. Структура, функції та технології ГІС
- IV. Подання об'єктів реального світу в ГІС
- V. Інформаційне забезпечення ГІС
- VI. Растрові моделі подання просторових даних
- VII. Векторні моделі даних в ГІС
- VIII. Бази геоінформаційних даних
- IX. Організація збереження даних у ГІС
- X. Програмні засоби ГІС
- XI. Додатки