

УДК 523.4

А. В. Мороженко, А. П. Видьмаченко

Главная астрономическая обсерватория Национальной академии наук Украины
ул. Академика Заболотного 27, Киев, 03680

О точности косвенных методов оценивания размеров астероидов

Показано, что при оценивании альbedo астероидов наименее надежным является использование данных о максимальном значении степени отрицательной поляризации. Для повышения точности метода, в котором используются данные о наклоне ветви положительной поляризации, значения коэффициента аппроксимации должны подбираться для конкретного типа астероидов. Такова же ситуация и в тепловом методе, но здесь для каждого типа необходимо подбирать свое значение фазового интеграла q . Кроме того, достоверность оценок обоими методами повысится, если при переходе от $A(0)$ к $A(\)$ использовать присущие данному типу астероидов фазовые зависимости блеска, включая и область оппозиционного эффекта. Моделирование в рамках модификации Ирвина — Яновицкого теневой модели Хапке показало, что значения фазового коэффициента (10°

20°) и q находятся соответственно в пределах: 0.016—0.030 и 0.6—1.0 (для астероидов E-типа); 0.026—0.033 и 0.42—0.52 (M-, S-типы); 0.031—0.039 и 0.42—0.52 (C-тип).

ПРО ТОЧНІСТЬ ОПОСЕРЕДКОВАНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ АСТЕРОЇДІВ, Мороженко О. В., Видьмаченко А. П. — Показано, що при оцінюванні альbedo астероїдів найменш надійним є використання даних про максимальний ступінь від'ємної поляризації. Для підвищення точності методу, в якому використовуються дані про нахил гілки додатної поляризації, значення коефіцієнта апроксимації має підбиратися для конкретного типу астероїдів. Така ж ситуація і в тепловому методі, коли для кожного типу має підбиратися своє значення фазового інтеграла q . Крім того, точність обох методів збільшиться, якщо при переході від $A(0)$ до $A(\)$ використовувати властиві лише конкретному типу фазової залежності блиску, включаючи й ділянку опозиційного ефекту. Моделювання в рамках модифікації Ірвіна — Яновицького тіньової моделі Хапке показало, що

значення фазового коефіцієнта (10° 20°) та q лежать відповідно у межах: 0.016—0.030 і 0.6—1.0 (для астероїдів E-типу); 0.026—0.033 і 0.42—0.52 (M-, S-типу); 0.031—0.039 і 0.42—0.52 (C-тип).

ON THE ACCURACY OF INDIRECT METHODS FOR ESTIMATION OF ASTEROID SIZES, by Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P. — Using data on the maximum value of negative polarization degree is shown to be the least reliable in estimating asteroid albedos. To improve the reliability of the method based on the information relative to the positive polarization branch slope, the approximation coefficient values are bound to be chosen for a particular type of asteroids. The same situation is in the case of the thermal method where each type needs a corresponding value of the phase integral q . In addition, the accuracy of both methods increases if a corresponding type of characteristic phase dependence of brightness is used for the transition from $A(0)$ to $A(\)$, including the opposition effect. Our simulation within the framework of the Irwin — Yanovitskij modification of the Hapke shadow model shows that the values of the phase coefficient (10° 20°) and q lie within the limits 0.016—0.030 and 0.6—1.0 (E-type of asteroids), 0.026—0.033 and 0.42—0.52 (M-, S-types), 0.031—0.039 and 0.42—0.52 (C-type), respectively.

Линейные размеры подавляющего числа астероидов оценивают по данным о звездной величине $m(\)$ и альбедо $A(\)$ (как правило, в фотометрической полосе V). В настоящее время погрешность определения значения звездной величины астероида составляет несколько сотых звездной величины. Поэтому достоверность оценки их радиуса практически полностью определяется погрешностью в альбедо, для оценки которого используют поляризационный [10, 13, 17—19] и тепловой (радиационный) [4, 14, 15] методы. В первом методе оценивается геометрическое альбедо $A(0)$, а во втором — болометрическое A_b , которое на практике считают равным сферическому альбедо A_s в полосе V . Что касается точности таких оценок, то было обнаружено, что оценки размера двумя методами могут различаться на 30 % и больше [6]; это стимулировало разработку усовершенствования обоих методов.

По нашему мнению, минимизация различия полученного этими методами размера отдельных астероидов еще не указывает на повышение достоверности оценки их размера. Поэтому ниже, исходя из анализа источников погрешности поляриметрического и теплового методов, попытаемся наметить пути уменьшения погрешности в обоих методах. Учитывая, что погрешность определения $m(\)$ не превышает нескольких процентов, то основные источники погрешности необходимо искать в определяемых альбедо.

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

В 1960-х годах независимо Кен-Кнайт и др. [10] и Видорн [18] предложили альbedo астероидов определять из полученной по исследованию земных образцов и деталей диска Луны связи между наклоном в точке инверсии линейной части положительной ветви поляризации (h) и отражательной способностью c

$$\lg h = \lg c - \dots,$$

которая применительно к астероидам может быть переписана в виде

$$\lg A(0) = B + C \lg h. \quad (1)$$

Первоначально принималось, что значения коэффициентов $B = -1.78$, $C = 1$ [15, 16], а позже $B = -1.73$ и $C = 0.92$ [19] или $C = 0.98$ [13]. Уже из пионерской работы [19] следует, что оценки $A(0)$, пересчитанные для 39 астероидов из полос B и G в полосу V в большинстве случаев дают значения, которые в некоторых случаях различаются на десятки процентов. Это натолкнуло нас на мысль вычислить поляриметрические альbedo интегральных дисков Луны, Меркурия и Марса (при значениях $B = -1.73$, $C = 0.98$) и сравнить их с наблюдаемыми значениями $A(0)$, $A(0)$ соответственно без учета и с учетом эффекта оппозиции.

Луна. Поскольку наблюдательные данные [5] показывают асимметрию фазовой зависимости поляризации для значений фазовых углов $+$ и $-$, то ниже приводим усредненные для обеих ветвей значения h и $A(0)$ в полосах U и B :

$$U: h = 0.220, A(0) = 0.082, A(0) = 0.077 [11], A(0) = 0.112 [2],$$

$$B: h = 0.175, A(0) = 0.103, A(0) = 0.094 [11], A(0) = 0.120 [2].$$

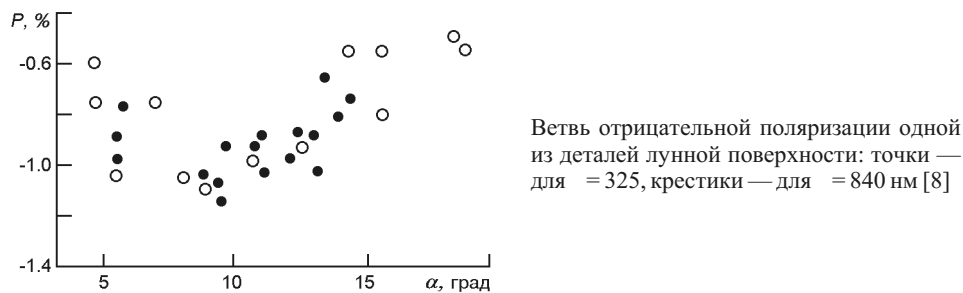
Меркурий. Для планеты при $\lambda = 520$ и 580 нм наклон оказался примерно одинаковым ($h = 0.155$) [7], значение которого соответствует $A(0) = 0.118$, тогда как в полосе V $A(0) = 0.096$, $A(0) = 0.122$.

Для **Марса** оценки велись по наблюдениям в период высокой прозрачности атмосферы в марте — июле 1971 г. [1] в участках $\lambda = 620$ и 720 нм, где влияние марсианской атмосферы пренебрежимо мало. Оценки значения $A(0)$ велись для долготы с наибольшим и наименьшим значением степени поляризации, что соответствовало наибольшему и наименьшему значениям альbedo (табл. 1). Наибольшие и наименьшие значения $A(0)$ получены пересчетом по долготной зависимости блеска [3] данных для «среднего» Марса [9] (без учета эффекта оппозиции), учет эффекта оппозиции осуществлялся в соответствии с данными о параметрах поверхностного слоя [2] в модифицированной Ирвином — Яновицким теневой модели Хапке. Кроме того, в табл. 1 приведены значения коэффициента C , при которых теоретические поляризационные альbedo соответствовали бы наблюдаемым.

Таким образом, использование выражения (1) при $B = -1.73$, $C = 0.98$ в случае Луны и Меркурия приводит к сравнительно неболь-

Таблица 1. Оценки спектрального значения $A(0)$ для долготы с наибольшим и наименьшим значением альбедо

Альбедо	h	$A(0)$	$A(0)$	C	$A(0)$	C
			= 620 нм			
A_{\max}	0.115	0.155	0.279	1.25	0.311	1.30
A_{\min}	0.148	0.121	0.221	1.30	0.247	1.35
			= 720 нм			
A_{\max}	0.0952	0.187	0.310	1.20	0.344	1.24
A_{\min}	0.127	0.141	0.254	1.27	0.282	1.32



шому (в пределах 20 %) несоответствию между рассчитанными и наблюдаемыми значениями $A(0)$, тогда как для Марса оно может достигать двух раз. Поскольку точка инверсии на зависимости $P(\alpha)$ находится, как правило, при $\alpha > 15^\circ$, то интервал фазовых углов с положительной поляризацией для многих астероидов очень ограничен (а то и полностью отсутствует). Поэтому для астероидов, для которых имеются наблюдательные данные только об отрицательной ветви поляризации, используют эмпирическое выражение [19]

$$\lg A = 1.31 \lg P_{\min} - 0.9 \quad (2)$$

где P_{\min} — максимальное значение отрицательной поляризации. К сожалению, достоверность таких оценок еще ниже, о чем говорит его применение к Луне, для которой значение P_{\min} практически не зависит от длины волны (см. рисунок). Вследствие этого ее геометрическое альбедо также не должно показывать спектральной зависимости, тогда как в действительности в интервале длин волн от 325 до 840 нм оно увеличивается примерно в 2.5 раза [11].

ТЕПЛОВОЙ МЕТОД

Поскольку тепловое излучение тел Солнечной системы определяется количеством поглощенной ими солнечной энергии, в основном в диапазоне длин волн меньше 3 мкм, то Д. Аллен [4] предложил болометрическое альбедо астероидов оценивать одновременно с температурой по наблюдательным данным о тепловом потоке при нескольких длинах волн (например 10 и 20 мкм). Однако в работе [14] было пока-

зано, что погрешность оценки болометрического альбеда может достигать 30 %, основным источником чего является неопределенность спектральной зависимости излучательной способности вещества и фазовой зависимости интенсивности теплового излучения. Кроме того, значительно большие погрешности сопряжены с неопределенностью значения фазового интеграла q , который используется для перехода от болометрического (или сферического в полосе V) альбеда к значению $A(0)$, и который для различных безатмосферных небесных тел может различаться в два и больше раз.

Общим для обоих методов источником погрешности является неопределенность в фазовой функции $F(\alpha)$, с помощью которой осуществляется переход от $A(0)$ к $A(\alpha)$, т. е. к фазовому углу, которому отвечает наблюдаемая звездная величина $m(\alpha)$, по которой и определяется эффективный размер астероида. Следует отметить, что эта неопределенность обуславливает значительно меньшие погрешности, чем неопределенность в фазовом интеграле.

Таким образом, сейчас невозможно указать даже приближенную погрешность оценки размера того или иного астероида, и это необходимо учитывать при использовании данных об их размере (например, при оценке плотности вещества астероидов, а значит и их вероятной природы и структуры).

Поскольку основным источником неопределенности при вычислении «теплового» альбеда является неопределенность в фазовом интеграле, то ниже приведем рассчитанные изменения блеска $m(\alpha)$, геометрического альбеда $A(0)$ и фазового интеграла q при разных значениях параметров пористости g и альбеда однократного рассеяния для некоторых типов астероидов. Расчеты велись по данным работы [2], в которой показано, что фазовая зависимость блеска астероидов типов E, M, S, C можно удовлетворительно описать модификацией Ирвина — Яновицкого теневого механизма Хапке. Здесь неизвестными параметрами являются индикатриса рассеяния $\eta(\alpha)$, параметры g , и прозрачность частиц τ , значение которой связано с соотношением $\tau = (1 - \eta)^{0.25}$. Оказалось, что хорошее согласие наблюдаемых фазовых зависимостей блеска с расчетами для астероидов различных типов было достигнуто для приведенных в табл. 2 индикатрис рассеяния: E-тип — марсианская, M-, S-типы — лунная, C-тип — модифицированная лунная индикатриса.

Для каждой из индикатрис рассеяния (табл. 3—5) расчеты велись для трех возможных значений параметра пористости g (0.4, 0.6 и 0.9) и четырех значений η . При выборе минимального η мы ограничились значением 0.1, потому что при меньшем значении поправка за многократное рассеяние в диапазоне $\alpha = 100^\circ$ практически не влияет на вид фазовой функции, а значит, и на значение фазового интеграла. При выборе наибольшего η мы ограничились такими значениями, при которых $A(0)$ было бы близким к 0.3. Из этих таблиц следует, что значения фазового коэффициента $q = [m(10^\circ) - m(20^\circ)]/10^\circ$ и q соответственно находятся в пределах 0.016...0.030 и 0.6...1.0 для астероидов

Таблица 2. Индикатриса рассеяния Луны, Марса и астероидов С-типа (модифицированная лунная)

δ , град	Луна	Марс	С-тип
0	3.054	1.533	3.054
1	3.011	1.525	3.003
2	2.969	1.516	2.952
3	2.896	1.508	2.901
4	2.858	1.499	2.850
5	2.841	1.491	2.798
10	2.643	1.450	2.566
20	2.334	1.305	2.145
30	2.019	1.200	1.927
40	1.740	1.148	1.763
50	1.534	0.988	1.586
60	1.371	0.932	1.422
70	1.208	0.855	1.264
80	1.069	0.819	1.061
90	0.905	0.828	0.968
100	0.761	0.835	0.826
110	0.616	0.862	0.694
120	0.485	0.899	0.558
130	0.417	0.985	0.492
140	0.381	1.010	0.313
150	0.341	1.118	0.255

Таблица 3. Значения $t(\delta)$ для марсианской индикатрисы рассеяния

δ , град	$\alpha = 0.1$			$\alpha = 0.2$			$\alpha = 0.4$			$\alpha = 0.8$		
	β											
	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.14	0.09	0.06	0.13	0.08	0.05	0.11	0.07	0.04	0.06	0.04	0.02
2	0.23	0.16	0.11	0.21	0.14	0.10	0.18	0.12	0.08	0.11	0.07	0.04
3	0.30	0.21	0.15	0.28	0.20	0.14	0.25	0.17	0.12	0.14	0.10	0.07
4	0.36	0.25	0.19	0.34	0.25	0.18	0.29	0.21	0.15	0.17	0.13	0.09
5	0.41	0.31	0.23	0.38	0.29	0.21	0.33	0.25	0.19	0.19	0.15	0.11
10	0.57	0.48	0.39	0.54	0.45	0.37	0.47	0.39	0.32	0.27	0.24	0.20
20	0.84	0.77	0.69	0.79	0.73	0.66	0.69	0.64	0.58	0.43	0.41	0.38
30	1.04	0.99	0.93	0.99	0.95	0.89	0.88	0.84	0.79	0.58	0.56	0.54
40	1.21	1.18	1.13	1.16	1.12	1.08	1.03	1.01	0.98	0.71	0.70	0.69
50	1.50	1.47	1.44	1.43	1.41	1.38	1.29	1.27	1.25	0.93	0.92	0.91
60	1.71	1.69	1.67	1.64	1.62	1.61	1.49	1.47	1.46	1.11	1.10	1.10
70	1.95	1.95	1.94	1.89	1.88	1.87	1.73	1.72	1.71	1.25	1.33	1.33
80	2.19	2.19	2.19	2.12	2.11	2.11	1.96	1.95	1.95	1.56	1.56	1.56
90	2.39	2.39	2.40	2.32	2.32	2.33	2.17	2.17	2.17	1.79	1.79	1.79
100	2.63	2.64	2.66	2.56	2.57	2.58	2.41	2.42	2.43	2.06	2.06	2.06
q	0.59	0.61	0.62	0.62	0.64	0.66	0.71	0.72	0.73	0.97	0.98	0.98
$A(0)$	0.038			0.076			0.151			0.330		

Е-типа; 0.026...0.033 и 0.42...0.52 — для М-, S-типов; 0.031...0.039 и 0.42...0.52 — для С-типа.

Согласно данным [12] из 18 астероидов, которые приближаются к Земле, 17 характеризуются значением $\alpha = 0.020...0.038$, и только один (887 Алинда) — значением $\alpha = 0.044$.

Таблица 4. Значения $m(\alpha)$ для лунной индикатрисы рассеяния

α , град	$g = 0.1$			$g = 0.2$			$g = 0.3$			$g = 0.5$		
	g											
	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.15	0.10	0.07	0.14	0.09	0.06	0.13	0.09	0.06	0.12	0.08	0.06
2	0.25	0.18	0.13	0.24	0.17	0.12	0.23	0.16	0.11	0.22	0.14	0.11
3	0.35	0.26	0.19	0.33	0.25	0.18	0.31	0.23	0.18	0.30	0.22	0.17
4	0.41	0.32	0.24	0.40	0.30	0.23	0.38	0.29	0.22	0.36	0.27	0.21
5	0.46	0.36	0.28	0.44	0.35	0.27	0.42	0.33	0.26	0.40	0.31	0.24
10	0.68	0.58	0.49	0.65	0.56	0.47	0.62	0.54	0.45	0.59	0.51	0.43
20	0.96	0.89	0.82	0.93	0.86	0.79	0.89	0.83	0.76	0.85	0.79	0.73
30	1.24	1.19	1.14	1.20	1.15	1.09	1.15	1.11	1.05	1.10	1.06	1.01
40	1.52	1.48	1.45	1.47	1.44	1.39	1.42	1.38	1.35	1.36	1.34	1.30
50	1.78	1.76	1.72	1.73	1.70	1.68	1.67	1.65	1.62	1.61	1.58	1.56
60	2.05	2.03	2.01	1.99	1.97	1.96	1.92	1.90	1.89	1.85	1.84	1.82
70	2.34	2.33	2.32	2.28	2.27	2.26	2.21	2.19	2.19	2.13	2.12	2.11
80	2.66	2.65	2.65	2.58	2.58	2.58	2.50	2.50	2.50	2.42	2.41	2.41
90	3.04	3.04	3.05	2.96	2.95	2.95	2.86	2.86	2.87	2.77	2.77	2.78
100	3.46	3.46	3.48	3.36	3.36	3.38	3.26	3.26	3.28	3.16	3.16	3.17
q	0.42	0.43	0.45	0.44	0.46	0.46	0.46	0.48	0.49	0.49	0.50	0.52
$A(0)$	0.075			0.147			0.217			0.284		

Таблица 5. Значения $m(\alpha)$ для модифицированной лунной индикатрисы рассеяния

α , град	$g = 0.1$			$g = 0.2$			$g = 0.3$			$g = 0.4$		
	g											
	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9	0.4	0.6	0.9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.15	0.10	0.07	0.14	0.10	0.07	0.14	0.09	0.06	0.13	0.08	0.06
2	0.27	0.16	0.13	0.24	0.17	0.13	0.23	0.15	0.12	0.22	0.15	0.11
3	0.34	0.26	0.19	0.33	0.24	0.18	0.31	0.23	0.17	0.30	0.22	0.15
4	0.41	0.32	0.24	0.40	0.30	0.24	0.38	0.29	0.22	0.36	0.28	0.21
5	0.48	0.38	0.30	0.46	0.36	0.28	0.44	0.35	0.27	0.42	0.33	0.26
10	0.71	0.61	0.52	0.68	0.59	0.50	0.65	0.57	0.48	0.62	0.54	0.46
20	1.05	0.98	0.91	1.01	0.95	0.88	0.98	0.92	0.85	0.93	0.88	0.81
30	1.29	1.24	1.18	1.22	1.20	1.14	1.20	1.15	1.10	1.15	1.11	1.06
40	1.50	1.47	1.42	1.46	1.42	1.38	1.40	1.37	1.33	1.35	1.32	1.28
50	1.75	1.72	1.69	1.70	1.67	1.64	1.64	1.61	1.59	1.58	1.55	1.53
60	2.01	1.99	1.97	1.95	1.93	1.92	1.89	1.87	1.86	1.82	1.80	1.79
70	2.30	2.28	2.28	2.23	2.22	2.21	2.16	2.15	2.14	2.09	2.08	2.07
80	2.66	2.66	2.66	2.59	2.58	2.58	2.51	2.50	2.51	2.43	2.42	2.42
90	2.97	2.97	2.98	2.89	2.89	2.90	2.80	2.80	2.81	2.71	2.71	2.72
100	3.37	3.38	3.40	3.29	3.29	3.31	3.19	3.19	3.20	3.09	3.09	3.10
q	0.42	0.43	0.45	0.45	0.45	0.46	0.46	0.48	0.49	0.49	0.51	0.52
$A(0)$	0.075			0.147			0.217			0.284		

В заключение отметим, что наиболее недостоверными являются оценки альbedo по данным о максимальной степени отрицательной поляризации (выражение (2)).

Что касается использования наклона ветви положительной поляризации, то он может дать достоверные результаты только тогда, когда значение коэффициента C в выражении (1) будет подобрано к конкретному типу астероида.

Примерно такая же ситуация и с тепловым методом, потому что здесь основным источником погрешности является неопределенность фазового интеграла, значения которого различны для разных типов астероидов. Общим для обоих методов является выбор фазовой функции, в том числе и в области проявления эффекта оппозиции.

1. *Мороженко А. В.* Результаты поляриметрических наблюдений Марса в 1971 и 1973 г. // Астрометрия и астрофизика.—1975.—Вып. 26.—С. 97—107.
2. *Мороженко А. В., Видьмаченко А. П.* Теневой механизм и эффекты оппозиции блеска безатмосферных небесных тел // Кинематика и физика небес. тел.—2013.—**29**, № 5.—С. 36—48.
3. *Мороженко А. В., Рубашевский А. А., Яновицкий Э. Г.* Результаты статистической обработки наблюдений фазовой зависимости интегрального блеска Марса // Астрон. журн.—1970.—**47**, № 5.—С. 1073—1082.
4. *Allen D. A.* Infrared diameter of Vesta // Nature.—1970.—**227**, N 5254.—P. 158—159.
5. *Coyne G. V., Pellicori S. F.* Wavelength dependence of polarization. XX. The integrated disk of the Moon // Astron. J.—1970.—**75**, N 1.—P. 54—60.
6. *Hansen O. L.* Radii and albedos of 84 asteroids from visual and infrared photometry // Astron. J.—1976.—**81**, N 1.—P. 74—84.
7. *Dollfus A., Auriere M.* Optical polarimetry of planet Mercury // Icarus.—1974.—**23**, N 3.—P. 465—482.
8. *Dollfus A., Bowell E.* Polarimetric properties of the lunar surface and its interpretation. 1. Telescopic observations // Astron. and Astrophys.—1971.—**10**, N 1.—P. 29—53.
9. *Irvine W. M., Simon Th., Menzel D. H., et al.* Multicolor photoelectric photometry of the brighter planets. III. Observations from the Boyden observatory // Astron. J.—1968.—**73**, N 9.—P. 807—828.
10. *Ken Knight C. E., Rosenberg D. L., Venher G. K.* Parameters of the optical properties of the lunar surface powder in relation to solar wind bombardment // J. Geophys. Res.—1967.—**72**, N 12.—P. 3105—3129.
11. *Lane A. P., Irvine W. M.* Monochromatic phase curves and albedos for the lunar disk // Astron. J.—1973.—**78**, N 3.—P. 267—277.
12. *Lupishko D. F., DiMartino M.* Physical properties of near-Earth asteroids // Planet. Space Sci.—1998.—**46**, N 1.—P. 47—74.
13. *Lupishko D. F., Mohsmed R. A.* A new calibration of the polarimetric albedo scale of asteroids // Icarus.—1996.—**119**, N 1.—P. 209—213.
14. *Morrison D.* Determination of radii of satellites and asteroids from radiometry and photometry // Icarus.—1973.—**19**, N 1.—P. 1—14.
15. *Morrison D.* Asteroids size and diameters // Icarus.—1977.—**31**, N 2.—P. 185—220.
16. *Veverka J.* The polarization curve and the absolute diameter of Vesta // Icarus.—1971.—**15**, N 1.—P. 11—17.
17. *Veverka J., Noland M.* Asteroid reflectivities from polarization curves: Calibration of the slope-albedo relationship // Icarus.—1973.—**19**, N 2.—P. 230—239.
18. *Widorn Th.* Zur photometrischen Bestimmung der Durchmesser der Kleinen Planeten // Ann. Univ.-Sternwarte Wien.—1967.—**27**, N 2-4.—P. 112—120.
19. *Zellner B., Gradie J.* Minor planets and related objects. XX. Polarimetric evidence for the albedos and compositions of 94 asteroids // Astron. J.—1976.—**81**, N 4.—P. 262—280.

Статья поступила в редакцию 31.07.12