

УДК 523.46—87

Светлая сторона Япета

А. И. Довгопол, Л. Р. Лисина

Восьмицветная фотометрия светлого (ведомого) полушария Япета выполнена в 1983—1985 гг. Вычислены видимое и геометрическое альbedo для радиуса 720 км при разных положениях долготы центрального меридиана. Широта видимого центра в период наблюдений изменялась от +6 до +10°. Максимальное значение геометрического альbedo (0.47) выше ранее полученного (0.42) для диска при широте видимого центра от —6 до —12°. Это, возможно, свидетельствует о том, что на поверхности южной полярной шапки имеется больше темных деталей, чем на северной. Цвет ведомой стороны Япета нейтральный. По модели Хапке [12] рассеяния света шероховатыми поверхностями получена пористость светлого вещества Япета, равная 0.65.

THE BRIGHT SIDE OF IAPETUS, by Dvugopol A. N., Lisina L. R.— Eight-color photometry was obtained of the bright (trailing) side of Iapetus during 1983—1985 apparitions. Visible and geometrical albedo were derived with a radius 720 km for different central meridian longitudes. The latitude of the visible centre of the disk varied during the observation from +6 to +10°. Maximum value of albedo (0.47) is larger than previous value 0.42 obtained for the latitude of visible centre from —6 to —12°, indicating that the south polar cap contains more dark patches than north one. The spectrum of the bright side is quite flat. The photometric function developed by Hapke [12] has been applied to near-opposition disc-integrated phase curve. Derived value of the porosity of the bright side of Iapetus is 0.65.

Введение. Фотометрические наземные исследования Япета [8, 14, 18] и снимки, полученные КА «Вояджер» [23, 26], подтвердили известную со времени открытия этого спутника, значительную асимметрию яркостей ведущей и ведомой сторон. Асимметрия полушарий Япета отличается от асимметрии полушарий других больших спутников Юпитера и Сатурна по величине, а также тем, что ярким является не ведущее, а ведомое полушарие. Среднее геометрическое альbedo ведущего полушария 0.05, ведомого — 0.5. Соответственно они называются темным и светлым.

Спектрофотометрическими исследованиями в диапазоне волн 0.65—3 мкм надежно отождествлены полосы поглощения водяного льда в спектрах светлого [3, 4, 7, 15, 17] и темного [6, 13] полушарий. Идентификация льда на темном полушарии привела к выводу о наличии на Япете полярных шапок. Темное вещество также может содержать много льда, если он перемешан с минеральной составляющей. При этом полосы поглощения водяного льда, даже такие сильные, как у $\lambda\lambda$ 1.5 и 2.0 мкм, могут быть невидимы в спектре [5]. Если размер частиц темной фракции составляет доли микрометра, то лед не отождествляем даже при его содержании 95 %.

Низкое значение средней плотности, полученное по космическим экспериментам (1.16 ± 0.09 г/см³) [20], подтверждает ледяную природу спутника.

На фазовых кривых темной и светлой сторон Япета отмечается нелинейное увеличение яркости вблизи оппозиции [8, 14, 18], что указывает на сложную структуру их поверхностей. Наземные условия наблюдений ограничены фазовыми углами 0—6°. В космических экспериментах этот информативный участок фаз получить не удалось. Диапазон фазовых углов был расширен до 90°, при этом для темных деталей фазовые кривые начинаются с 20°, для светлых — с 10°.

Поэтому наземные наблюдения на малых фазовых углах не утратили своего значения. Наземный аспект наблюдений интересен еще своей изменчивостью. Это связано с тем, что экваториальная плоскость

системы Сатурна наклонена к орбите под углом 26.4° , а экватор спутника составляет с экватором планеты угол 15° . В результате положения Земли и Солнца относительно вращающейся планеты и спутника изменяются, что определяет геометрический вид диска Япета.

В 1971—1976 гг., в самый активный период наземных наблюдений [8, 14, 18], видимый центр Япета находился в южном полушарии и

Таблица 1. Характеристика наблюдений

Номер наблюдения	Дата (UT)		θ , град	α , град	r , а.е.	Δ , а.е.	M
1	Май	22.72, 1983	195	3.16	8.906	9.778	1.47
2	»	23.70, 1983	199	3.25	8.915	9.778	1.49
3	»	24.71, 1983	204	3.34	8.924	9.778	1.47
4	»	25.72, 1983	209	3.43	8.924	9.778	1.47
5	»	27.72, 1983	218	3.60	8.943	9.779	1.48
6	»	28.67, 1983	223	3.67	8.963	9.779	1.52
7	Июнь	2.67, 1983	246	4.07	9.021	9.780	1.49
8	»	3.72, 1983	251	4.15	9.029	9.781	1.49
9	»	4.71, 1983	256	4.23	9.040	9.781	1.48
10	»	7.69, 1983	270	4.43	9.077	9.782	1.47
11	»	10.70, 1983	283	4.64	9.115	9.782	1.50
12	»	11.73, 1983	287	4.71	9.128	9.783	1.63
13	»	12.69, 1983	292	4.77	9.141	9.783	1.50
14	»	16.69, 1983	309	5.00	9.195	9.784	1.50
15	»	17.68, 1983	313	5.05	9.210	9.784	1.51
16	»	19.68, 1983	322	5.16	9.238	9.785	1.48—1.55
17	Апрель	28.75, 1984	292	0.55	8.855	9.859	1.78—1.96
18	Май	1.77, 1984	305	0.32	8.853	9.859	1.70—1.75
19	»	4.77, 1984	319	0.32	8.853	9.860	1.67—1.72
20	»	8.83, 1984	336	0.65	8.857	9.862	1.64
21	»	9.75, 1984	341	0.75	8.859	9.862	1.62—1.84
22	»	10.77, 1985	192	0.58	8.928	9.934	1.88—1.99
23	»	12.76, 1985	201	0.38	8.926	9.934	1.90—2.05
24	»	13.81, 1985	206	0.28	8.925	9.934	1.76—1.86
25	»	15.80, 1985	215	0.23	8.924	9.935	1.77—1.86
26	»	17.82, 1985	224	0.37	8.925	9.935	1.76—1.78

широта его изменялась от -15 до -6° . В настоящей работе мы представляем результаты наблюдений Япета, выполненных в 1983—1985 гг., когда видимый центр диска располагался севернее экватора и широта его изменялась от $+6$ до $+10^\circ$.

Распределение геометрического альbedo по поверхности Япета. Характеристика наблюдательного материала дана в табл. 1, в которой приведены время наблюдений (UT), долгота центрального меридиана (θ), солнечный фазовый угол (α), гео- (r) и гелиоцентрические (Δ) расстояния, воздушная масса (M). Для спутников внешних планет фазовый угол принимается равным фазовому углу центральной планеты, долгота центрального меридиана принимается равной орбитальному углу, который отсчитывается от точки верхнего соединения спутника с планетой против часовой стрелки.

Наблюдения выполнены в западную элонгацию для исследования светлого полушария. Использовались 60-см телескоп Цейса и фотоэлектрический фотометр. Телескоп находится в благоприятных астроклиматических условиях вблизи горы Майданак на высоте 2600 м. Фотометр действует на базе фотоумножителя ФЭУ-79 со счетчиком фотонов и цифровым регистрирующим устройством. Наблюдения проводились в восьми цветах (в скобках — полуширина пропускания фильтров): 0.457 (0.018), 0.540 (0.014), 0.595 (0.010), 0.620 (0.010), 0.648 (0.008), 0.692 (0.010), 0.725 (0.010), 0.755 (0.015) мкм.

Наблюдения обычно состояли из нескольких наведений на спутник и звезду сравнения с каждым фильтром и на фон. Во все периоды на-

блюдений звездой сравнения была λ Vir, абсолютизированная по звезде 109 Vir, данные для которой взяты из [25]. Относительная погрешность привязки к звезде 109 Vir не хуже 2 %. Распределение энергии в спектре Солнца [2] и звезды λ Vir приведены в табл. 2. Время накопления 10 с. Так как прозрачность атмосферы контролировалась не

Таблица 2. Распределение энергии в спектре Солнца и звезды λ Vir

Объект	λ , мкм							
	0.457	0.510	0.595	0.620	0.648	0.692	0.725	0.755
Солнце, 10^7 Дж·м ⁻² ·с ⁻¹ ·м ⁻¹	201.0	190.0	177.0	169.2	160.9	150.4	139.0	130.0
λ Vir, 10^{-6} Дж·м ⁻² ·с ⁻¹ ·м ⁻¹	927.0	605.3	470.5	412.8	366.5	309.7	271.0	243.0

каждую ночь, для учета использованы средние данные [1], полученные на протяжении многих лет наблюдений. Поскольку радиус спутника известен (720 ± 20 км) [21], то конечным результатом наблюдений был расчет видимого спектрального альbedo. Спектральные значения видимого альbedo Япета для 26 ночей наблюдений представлены в табл. 3. Там же приведена средняя квадратичная ошибка одного измерения σ . Так как для каждого значения орбитального фазового угла нет достаточного набора солнечных фазовых углов, то линейные фазовые коэффициенты корректно определить нельзя. Поэтому мы воспользовались принятым для ведомого полушария линейным фазовым коэффициентом 0.03 зв.вел/град [23] для перехода от видимого альbedo к геометрическому. Распределение альbedo по диску светлой стороны показано на рис. 1 на всех длинах волн (номер возле кривой обозначает длину волны в порядке увеличения от 0.457 мкм и далее в соответствии с табл. 2. Плавное понижение от максимального значения к западу и более крутое к востоку вызвано различным соотношением темных и светлых областей на диске. Поверхность Япета, особенно светлая, испещрена ударными кратерами и иными формами рельефа, присутствующими другим телам Солнечной системы [16, 19]. По плотности кратеров поверхность Япета сравнима с Меркурием, Каллисто, лунным материком. На светлой стороне особо привлекают внимание кратеры с темным дном и отложения темного вещества на стенках. На темной полусфере светлые детали не обнаружены. Вдоль экваториальной зоны темная поверхность продолжается на ведомой полусфере. Наибольшее значение альbedo (0.47) соответствует долготе центрального меридиана 280° .

По данным наземных наблюдений 1971—1976 гг. геометрическое альbedo светлого полушария принято равным 0.42. Различие можно отнести за счет аспекта наблюдений. Видимый центр наблюдаемого нами диска находился в северном полушарии, широта его изменялась от $+6^\circ$ в 1983 г. до $+10^\circ$ в 1985 г. Таким образом, площадь наблюдаемой северной полярной шапки была больше, чем южной. В предыдущий период — наоборот.

Представление о северной полярной области дают снимки, полученные КА «Вояджер» [17]. Высокоширотные районы, подобно экваториальной зоне светлого полушария, испещрены кратерами и покрыты отдельными пятнами темного вещества. Снимков южной полярной области нет.

Более высокое альbedo, полученное нами, предполагает асимметрию яркостей полярных областей, возможно, за счет разной площади, покрытой темным веществом. Не исключен вариант большей заснеженности северной полярной шапки. Распределение альbedo по спектру для светлой стороны Япета практически плоское. Такое распределение

Таблица 3. Видимое альbedo ведомой стороны Япета

Номер наблюдения	λ, мкм							
	0.457	0.540	0.595	0.620	0.648	0.692	0.725	0.755
1	0.240±0.001	0.222±0.004	0.235±0.007	0.232±0.003	0.226±0.002	0.253±0.003	0.245±0.023	0.260±0.026
2	0.249 0.004	0.234 0.005	0.255 0.007	0.230 0.006	0.242 0.011	0.240 0.006	0.283 0.009	0.231 0.015
3	0.256 0.010	0.255 0.009	0.275 0.007	0.256 0.002	0.268 0.014	0.292 0.020	0.272 0.022	0.271 0.003
4	0.264 0.003	0.259 0.014	0.271 0.009	0.250 0.012	0.250 0.020	0.280 0.006	0.303 0.029	0.289 0.007
5	0.281 0.008	0.301 0.008	0.294 0.012	0.304 0.008	0.320 0.006	0.283 0.025	0.276 0.005	0.300 0.029
6	0.306 0.008	0.315 0.004	0.309 0.007	0.335 0.013	0.312 0.012	0.328 0.012	0.331 0.026	0.341 0.006
7	0.363 0.005	0.363 0.006	0.372 0.008	0.367 0.008	0.352 0.007	0.355 0.010	0.382 0.012	0.344 0.006
8	0.369 0.003	0.361 0.008	0.361 0.008	0.357 0.009	0.367 0.005	0.370 0.009	0.336 0.014	0.358 0.023
9	0.380 0.003	0.389 0.005	0.385 0.007	0.378 0.005	0.390 0.008	0.403 0.009	0.361 0.019	0.403 0.009
10	0.409 0.002	0.414 0.015	0.421 0.008	0.420 0.016	0.423 0.011	0.416 0.013	0.423 0.018	0.416 0.014
11	0.395 0.028	0.407 0.005	0.398 0.007	0.400 0.006	0.407 0.008	0.394 0.017	0.404 0.022	0.395 0.013
12	0.421 0.011	0.418 0.008	0.389 0.004	0.382 0.014	0.386 0.013	0.399 0.018	0.380 0.018	0.382 0.011
13	0.410 0.008	0.412 0.009	0.397 0.010	0.408 0.007	0.406 0.011	0.407 0.011	0.413 0.015	0.422 0.011
14	0.371 0.010	0.410 0.012	0.376 0.011	0.366 0.010	0.384 0.015	0.364 0.015	0.404 0.021	0.351 0.022
15	0.355 0.007	0.363 0.005	0.350 0.020	0.354 0.015	0.361 0.009	0.354 0.017	0.395 0.022	0.323 0.007
16	0.353 0.016	0.336 0.009	0.326 0.017	0.342 0.007	0.355 0.022	0.343 0.023	0.363 0.036	0.323 0.032
17	0.443 0.010	0.433 0.007	0.443 0.010	0.433 0.007	0.453 0.011	0.390 0.030	0.418 0.020	0.390 0.008
18	0.379 0.027	0.411 0.031	0.423 0.037	0.383 0.018	0.452 0.030	0.440 0.030	0.352 0.011	0.393 0.020
19	0.396 0.010	0.411 0.009	0.411 0.009	0.407 0.009	0.422 0.012	0.420 0.021	0.424 0.020	0.408 0.024
20	0.333 0.008	0.318 0.005	0.340 0.005	0.355 0.004	0.371 0.003	0.354 0.013	0.347 0.013	0.325 0.005
21	0.290 0.006	0.309 0.004	0.312 0.005	0.312 0.007	0.321 0.012	0.316 0.010	0.331 0.019	0.326 0.009
22	0.239 0.011	0.251 0.010	0.263 0.008	0.267 0.017	0.260 0.003	0.239 0.005	0.259 0.010	0.255 0.013
23	0.300 0.011	0.294 0.008	0.309 0.002	0.311 0.012	0.314 0.005	0.289 0.023	0.288 0.007	0.298 0.011
24	0.303 0.013	0.309 0.011	0.336 0.016	0.307 0.017	0.322 0.011	0.333 0.013	0.302 0.010	0.326 0.013
25	0.343 0.013	0.346 0.007	0.358 0.008	0.348 0.010	0.346 0.012	0.355 0.009	0.384 0.010	0.409 0.014
26	0.380 0.007	0.395 0.005	0.405 0.003	0.394 0.003	0.415 0.009	0.412 0.017	0.381 0.013	0.409 0.014

более характерно для заснеженных поверхностей, чем для ледяных. На рис. 2 показаны усредненные кривые распределения альbedo по спектру для шести характерных зон с близкими значениями орбитальных углов.

Оценка пористости поверхности светлого полушария. К сожалению, набор орбитальных и солнечных фазовых углов, при которых выполнены наблюдения, не позволяет построить фазовые зависимости для

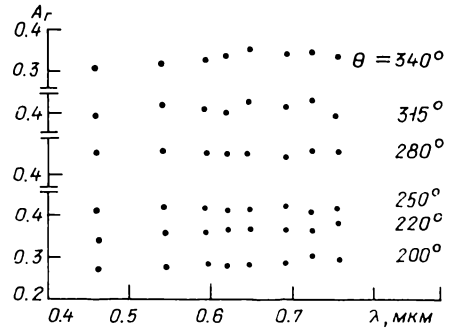
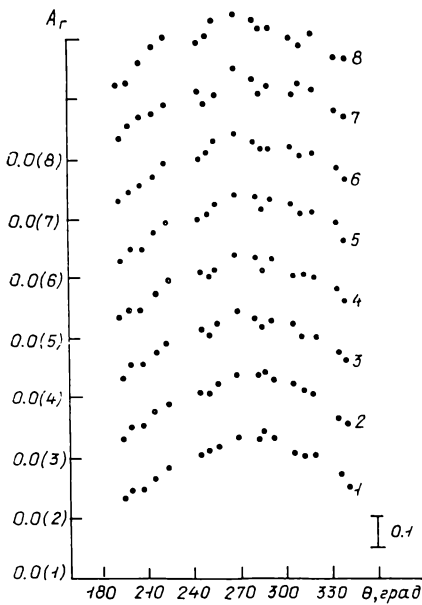


Рис. 2. Зависимость геометрического альbedo Япета от длины волны

Рис. 1. Зависимость геометрического альbedo светлой стороны Япета от орбитального угла θ

каждого значения долготы центрального меридиана. Задача очень трудоемкая, о чем свидетельствует то, что наблюдениями многих авторов [8, 14, 18] в 1971—1976 гг. получена фазовая зависимость ведомой стороны Япета только для положения центрального меридиана 270° . При этом на участке фаз, близких к нулю, данных недостаточно. Это единственная кривая, характеризующая рассеяние света светлой поверхностью Япета при малых фазовых углах (рис. 3).

Общий вид фазовых кривых, за небольшим исключением, для всех изученных безатмосферных тел одинаков. Это линия с положительной кривизной, производная которой с уменьшением фазы увеличивается, причем вблизи оппозиции нелинейно. Такой вид кривой характерен для поверхностей, рассеивающих свет обратно на источник.

Эта закономерность выражена аналитически через параметры, характеризующие структуру поверхности и свойства ее вещества. Наиболее популярна модель, предложенная в [9] вначале для Луны, затем обобщенная для всех тел со сложной структурой поверхности [10—12]. Предполагается, что поверхность состоит из большого числа слабо сцепленных между собой отдельных взаимно затеняющих рассеивателей, между которыми свет свободно проникает внутрь и выходит наружу. Рассеиватели имеют произвольные форму и альbedo. Размер каждого из них много больше длины волны.

В общем виде интенсивность рассеянного излучения шероховатой поверхностью без учета мезорельефа можно представить выражением

$$I(\mu_0, \mu, \alpha) = J \frac{\omega}{4\pi} \frac{\mu_0}{\mu_0 + \mu} \{ [1 + B(\alpha)] P(\alpha) + H(\mu_0) H(\mu) - 1 \},$$

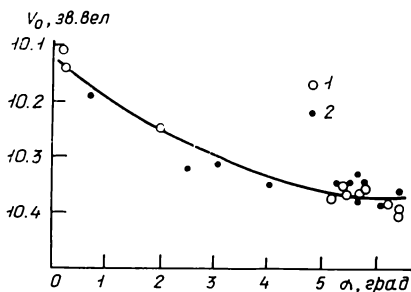
где J — интенсивность падающего излучения; μ_0 — косинус угла падения; μ — косинус угла отражения; α — фазовый угол; ω — альbedo элементарного рассеивателя; $P(\alpha)$ — фазовая функция элементарного рассеивателя или

функция однократного рассеяния, нормированная так, что $\frac{1}{4\pi} \int_0^\pi P(\alpha) \times \sin \alpha d\alpha = 1$; функции Chandrasekhara $H(x) = (1 + 2x)/(1 + 2x\sqrt{1-x})$ использованы для учета многократного рассеивания; $B(\alpha)$ — функция обратного рассеяния.

Согласно модели опозиционный эффект определяется взаимным затенением частиц и не требует их непрозрачности. С достаточной степенью приближения он описывается таким выражением: $1 + B(\alpha) = 1 + B_0 \left[1 + \frac{\operatorname{tg}(\alpha/2)}{h} \right]$, где h — параметр, связывающий ширину опозиционного

участка фазовой кривой с суммарным действием плотности реголита, изменением компактности с глубиной и распределением частиц по размерам; $B_0 = S(0)/(\omega P(0))$ — амплитуда опозиционного пика и определяет вклад света, рассеянного фронтальной поверхностью отдельных частиц при нулевом фазовом угле, для непрозрачных частиц $S(0) = \omega P(0)$.

Рис. 3. Фазовая кривая блеска светлой стороны Япета: 1 — данные из [8]; 2 — данные из [14]



Большое число параметров, которыми описывается рассеяние света шероховатыми поверхностями, не позволяет полностью решить задачу их определения из интегральной фазовой кривой в ограниченном диапазоне углов.

По имеющейся фазовой кривой для светлой стороны Япета [14] надежно можно определить только ширину опозиционной кривой h . Физический смысл этого понятия состоит в том, что она равна отношению среднего радиуса частиц $\langle r \rangle$ к длине экстинкции $1/E$, где $E = -n\langle \sigma \rangle [\ln(1-F)/F]$ — коэффициент экстинкции верхнего слоя реголита; n — плотность частицы; $\langle \sigma \rangle$ — средневзвешенное поперечное сечение поглощения; $F = n\langle V \rangle$ — фактор заполнения пространства частицами; $\langle V \rangle$ — средневзвешенный объем частицы, где весовой параметр обратно пропорционален числу частиц.

Используя степенной закон распределения частиц по размерам с глубиной и общий случай, когда распределение частиц есть результат дробления, при котором показатель степени равен 4 $[n(r)dr = kr^{-4}dr]$, при отношении наибольшего радиуса частиц к наименьшему, равному 1000, получаем $h = -3\sqrt{3} \ln(1-F)/[8 \ln(r_8/r_M)]$. Это выражение позволяет определить часть пространства, заполненную веществом F и пористость $(1-F)$.

Для Япета фазовый угол, с которого начинается нелинейный рост фазовой кривой, оказался равным приблизительно 2.5° , поскольку угловая полуширина опозиционного эффекта $h = 0.04$. Заполненность верхнего слоя поверхности веществом составляет 35%. Следовательно, пористость реголита равна 0.65.

В работе [22] показано, что за время существования спутника 10^8 — 10^9 лет при отсутствии внутреннего источника тепла внешний ледяной слой должен был уплотниться. Большая величина пористости наряду с плоским распределением альбедо по спектру может свидетельствовать о наличии изморози на светлом полушарии Япета.

1. Видьмаченко А. П., Довгопол А. Н., Клименко В. М. и др. Спектральные значения коэффициента прозрачности земной атмосферы на горе Майдакан // Методы повышения эффективности оптических телескопов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. — С. 51—60.

2. Макарова Е. А., Харитонов А. В. Распределение энергии в спектре Солнца и солнечная постоянная.— М.: Наука, 1972.—288 с.
3. Bell J. F., Cruikshank D. P., Gaffey M. J. Composition and origin of the Iapetus dark material // *Icarus*.— 1985.—61, N 2.— P. 192—207.
4. Clark R. N., Brown R. H., Owensby P. D. et al. Saturn's satellites: near infrared spectrophotometry (0.65—2.5 μm) of the leading and trailing sides and compositional implication // *Ibid.*— 1984.—47, N 1.— P. 139—141.
5. Clark R. N., Lucey P. G. Spectral properties of ice particulate mixtures: implications for remote sensing. I. Intimate mixtures // *J. Geophys. Res.*— 1984.—89, N B7.— P. 6341—6348.
6. Cruikshank D. P., Bell J. F., Gaffey M. J. et al. The dark side of Iapetus // *Icarus*.— 1983.—53, N 1.— P. 90—104.
7. Fink U., Larson H. P., Gautier III, T. N. et al. Infrared spectra of the satellites of Saturn: identification of water ice on Iapetus, Rhea, Dione, Tethys // *Astrophys. J.*— 1976.—207, N 1.— P. L63—L68.
8. Franklin F. A., Cook A. F. Photometry of Saturn's satellites: The opposition effect of Iapetus at maximum light and the variability of Titan // *Icarus*.— 1974.—23, N 3.— P. 355—362.
9. Hapke B. W. A theoretical photometric function for the lunar surface // *J. Geophys. Res.*— 1963.—68, N 15.— P. 4571—4576.
10. Hapke B. W. Bidirectional reflectance spectroscopy. I. Theory // *Ibid.*— 1981.—86, N B4.— P. 3039—3054.
11. Hapke B. W. Bidirectional reflectance spectroscopy. III. Correction for macroscopic roughness // *Icarus*.— 1984.—59, N 1.— P. 41—59.
12. Hapke B. W. Bidirectional reflectance spectroscopy. IV. The extinction coefficient and the opposition effect // *Ibid.*— 1986.—67, N 2.— P. 264—280.
13. Lebovsky L. A., Feierberg M. A. Infrared observation of the dark side of Iapetus // *Ibid.*— 1982.—49, N 3.— P. 382—386.
14. Millis R. L. UVB photometry of Iapetus // *Ibid.*— 1977.—31, N 1.— P. 81—88.
15. Morrison D., Cruikshank D. P., Pilcher C. B. et al. Surface compositions of the satellites of Saturn from infrared photometry // *Astrophys. J.*— 1976.—207, N 3.— P. L213—L216.
16. Morrison D., Johnson T. V., Shoemaker E. M. et al. Satellites of Saturn: geological perspective // *Saturn* / Ed. by T. Gehrels, M. S. Matthews.— Tucson: Arizona Univ. press, 1984.— P. 609—639.
17. Morrison D., Jones T. J., Cruikshank D. P. et al. The two faces of Iapetus // *Icarus*.— 1975.—24, N 2.— P. 157—171.
18. Noland D., Veverka J., Morrison D. et al. Six-color photometry of Iapetus, Titan, Rhea, Dione and Tethys // *Ibid.*— 1974.—23, N 3.— P. 334—354.
19. Plescia J. B., Boyce J. M. Crater numbers and geological histories of Iapetus, Enceladus, Tethys, and Hyperion // *Nature*.— 1983.—301, N 5902.— P. 666—670.
20. Smith B. A., Soderblom L., Batson R. et al. A new look at the Saturn system: the Voyager 2 images // *Science*.— 1982.—215, N 4532.— P. 504—537.
21. Smith B. A., Soderblom L., Beebe R. et al. Encounter with Saturn: Voyager I imaging science results // *Ibid.*— 1981.—212, N 4491.— P. 163—191.
22. Smoluchowski R., McWilliam A. Structure of ices on satellites // *Icarus*.— 1984.—58, N 2.— P. 281—287.
23. Squyres S. W., Buratti B., Veverka J. et al. Voyager photometry of Iapetus // *Ibid.*— 1984.—59, N 3.— P. 426—435.
24. Tholen D. J., Zellner B. Eight-color photometry of Hyperion, Iapetus, and Phoebe // *Ibid.*— 1982.—53, N 2.— P. 341—347.
25. Tüg H., White N. M., Lockwood G. W. Absolute energy distributions of α Lyrae and 109 Virginis from 3295 Å to 9040 Å // *Astron. and Astrophys.*— 1977.—61, N 5.— P. 679—684.
26. *Voyager 1 and 2. Atlas of six Saturnian satellites.*— Washington: NASA, 1984.— 175 p.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 13.05.88,
после доработки 15.08.88