

В. Д. Кругов

## ПОВЕРХНОСТНАЯ ЯРКОСТЬ КОЛЕЦ А И В САТУРНА

Многочисленные наблюдения Сатурна позволили определить ряд важных оптических свойств его атмосферы. Что же касается колец данной планеты, то из-за их малых угловых размеров оптические свойства изучены гораздо хуже. К настоящему времени имеем наиболее полную информацию об оптических свойствах только кольца *B* благодаря его довольно высокой яркости при угловой ширине порядка  $3''.5$ . Для кольца *A* (ширина примерно  $2''.0$ ) имеющихся данных явно недостаточно, чтобы определить его оптические характеристики. Надежных фазовых кривых для кольца *A*, особенно в ультрафиолетовой области спектра, практически нет. Очень мало работ посвящено исследованию зависимости поверхностной яркости этого кольца от углов возвышения Солнца и Земли над его плоскостью. Спектральная отражательная способность кольца изучалась в основном по отношению к центру диска планеты. Однако при этом не всегда учитывались вариации спектральной отражательной способности центра диска. В настоящее время хорошо известно, что такие вариации имеют место [3, 6] и могут внести существенные ошибки в отражательную способность кольца.

До сих пор остается нерешенным вопрос о различии в яркости ушек колец *A* и *B* Сатурна. В 1921 г. было обнаружено систематическое различие в яркости ушек колец [11]. Далее этот эффект был подтвержден В. Г. Фесенковым, который показал, что восточное ушко на  $0''.06$ — $0''.20$  ярче, чем западное [1]. Однако в дальнейшем другие авторы не подтвердили данного эффекта [9, 10]. Причины такого расхождения, по-видимому, связаны со следующими обстоятельствами:

низкая точность фотографического метода из-за замытого изображения не позволяет однозначно определить различия в яркости ушек колец. На рис. 1 [9] показано, что эффект замытого изображения существенно влияет на величину яркости;

если различия в яркости ушек реальны, то они должны зависеть от фазового угла  $\alpha$ , угла возвышения Солнца над плоскостью колец и, следовательно, носить переменный характер.

В связи с изложенным приходим к выводу, что необходимо провести новые наблюдения колец (отдельно *A* и *B*) с привязкой не только к центру диска планеты, но и к звездам с известным распределением энергии.

**Наблюдения и их результаты.** Измерения колец Сатурна выполнялись в октябре—ноябре 1975 г. на горе Майданак на 60-см телескопе с помощью электрофотометра. Отличные астроклиматические условия [2] позволяют проводить на горе Майданак детальную фотометрию дисков планет. Наблюдения различий в яркости ушек колец

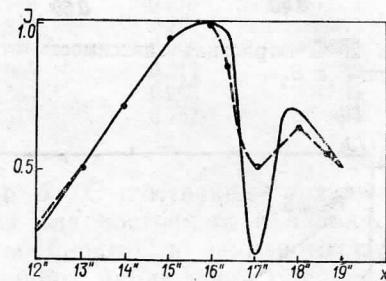


Рис. 1. Влияние эффекта замытого изображения колец Сатурна на величину их яркости:  
сплошная кривая — истинный профиль,  
штриховая кривая — размытый профиль,  
точки — результаты наблюдения.

*A* и *B* велись в течение шести ночей в спектральном интервале 0.374—0.748 мкм. При этом использовались интерференционные светофильтры с полушириной пропускания  $\Delta\lambda \approx 100 \text{ \AA}$ . В период наблюдений наклон колец составлял около  $20^\circ$ , а ширина колец *A* и *B* соответственно была равна примерно  $2''.2$  и  $3''.5$ . Измерения велись в интервале фазовых углов  $\alpha = 5^\circ 89' \div 6^\circ 29'$  с диафрагмой  $\Phi = 1''.2$ . Величина

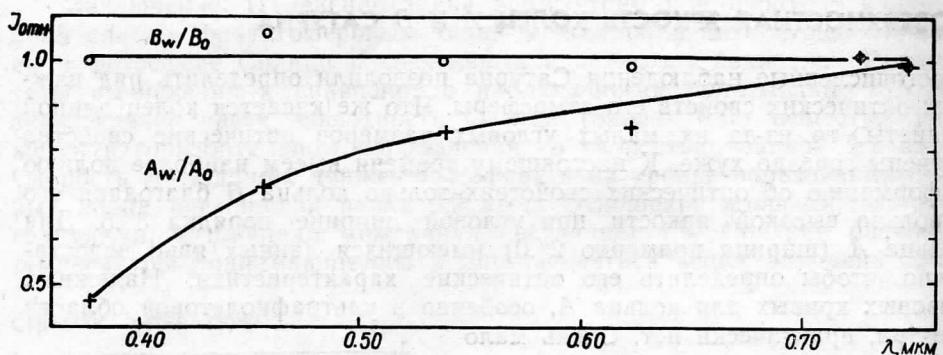


Рис. 2. Спектральная зависимость отношения яркости западных и восточных ушек колец *A* и *B*.

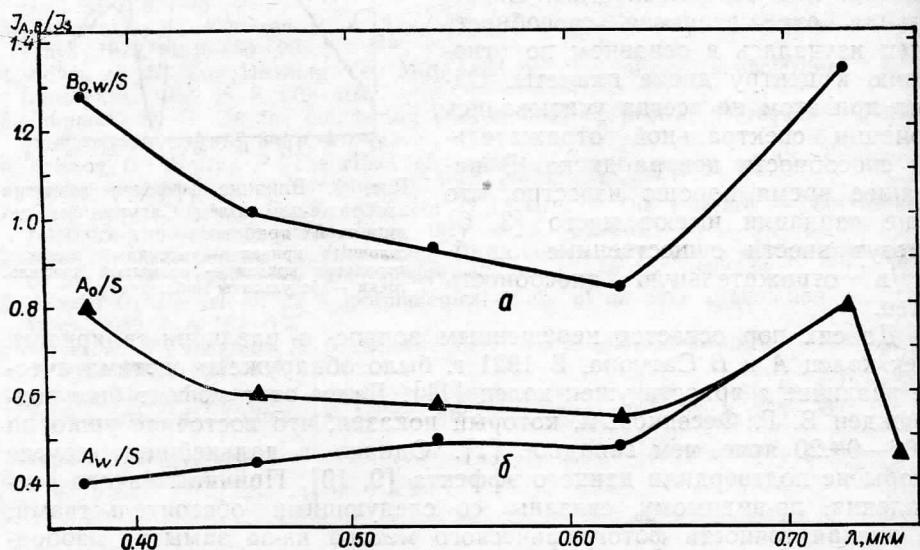


Рис. 3. Спектральная зависимость яркости ушек колец Сатурна *A*<sub>0</sub>, *A*<sub>w</sub>, *B*<sub>0</sub> и *B*<sub>w</sub> по отношению к центру диска планеты.

яркости ушек колец находилась как среднее из 5—8 измерений (точность измерений для кольца *A* составляла 3%, а для кольца *B* — 2.5%). Для окончательной обработки взяты результаты наблюдений шести ночей при качестве изображения примерно  $0''.5$  (качество изображения контролировалось по видимости деления Кассини). Для уменьшения влияния атмосферной дисперсии, особенно в ультрафиолетовой области спектра, наблюдения планеты проводились вблизи меридиана, а диафрагма наводилась на исследуемую область по максимальному потоку для каждого фильтра.

Для абсолютных определений яркости колец *B* и *A* в ту же ночь на одинаковых зенитных расстояниях наблюдалась звезда сравнения

$\lambda$  Гем с известным распределением энергии. Причем наблюдения звезды и колец (или центра диска планеты) проводились с разницей по времени 10—15 мин. Распределение энергии в спектре звезды сравнения взято из работы [5].

Отношения яркостей западных ушек колец  $A$  и  $B$  соответственно к их восточным ушкам показаны на рис. 2. Если эти отношения яркостей для кольца  $B$  показывают нейтральный ход в изучаемой области спектра, то для ушек кольца  $A$  наблюдаем существенное снижение яркости в сторону коротких длин волн. Данный эффект имеет место для всех дат наблюдений. Отношения яркостей ушек колец к центру

**Абсолютные величины яркости центра диска и колец  $A$  и  $B$  Сатурна  
(октябрь—ноябрь 1975 г.)**

$\lambda, \text{ мкм}$	Яркостный фактор $\rho$				
	$A_0$	$B_0$	Центр диска	$A_w$	$B_w$
0.374	0.170	0.239	0.189	0.076	0.239
0.456	0.204	0.323	0.338	0.144	0.343
0.538	0.283	0.450	0.500	0.248	0.450
0.622	0.354	0.583	0.665	0.311	0.572
0.726	0.275	0.498	0.343	0.275	0.505
0.748	0.260	0.497	0.564	0.257	0.493

диска планеты показаны на рис. 3, а и б. Существенные различия в яркости с длиной волны наблюдаются для восточного и западного ушек кольца  $A$ , отношения яркостей восточного и западного ушек кольца  $B$  к центру диска в пределах ошибок наблюдений одинаковы. Увеличение отношений яркостей  $I_{A,B}/I_s$  (рис. 3, а, б) в красной области спектра связано с наличием полос поглощения метана в атмосфере планеты.

Таким образом, приведенные результаты для колец  $A$  и  $B$  рассматриваются нами как предварительные и для их подтверждения требуются дальнейшие наблюдения. Особенно важно провести наблюдения величины различий в яркости ушек кольца  $A$  с углом фазы  $\alpha$  и с углом возвышения Солнца над их плоскостью.

**Абсолютные измерения яркости центра диска и колец  $A$  и  $B$  Сатурна.** Для определения оптических свойств колец Сатурна важно знать абсолютные значения их яркости. Первые результаты в этом направлении получены Шайном [7], который провел спектрофотометрию кольца  $B$  с привязкой к Солнцу. Однако полученные им данные не вполне надежны, так как объекты наблюдались на больших зенитных расстояниях и размытие колец не позволяло провести точные измерения. В дальнейшем Кук и Франклайн [8] определили в системе  $UBV$  яркости колец  $A$  и  $B$  и получили для обоих колец одно и то же значение показателя цвета  $B-V=+0^m.86$ .

Результаты наших наблюдений использованы для определения абсолютных значений яркости колец  $A$  и  $B$ , а также центра диска Сатурна в спектральном интервале 0.374—0.748 мкм. Поскольку звезда сравнения наблюдалась на одинаковом зенитном расстоянии с планетой практически одновременно, изменение коэффициента прозрачности атмосферы не учитывалось. Абсолютные значения яркости центра диска и колец Сатурна вычислялись из известного выражения

$$\rho_\lambda = \frac{J_p(\lambda) J_*^{(0)}(\lambda) \Delta^2 L^2}{J_*(\lambda) B_\odot(\lambda) \pi R_\odot^2 r_\odot^2}$$

где  $J_p(\lambda)$  и  $J_*(\lambda)$  — измеренные монохроматические интенсивности колец (или центры диска планеты) и звезды сравнения;  $J_*^{(0)}(\lambda)$  — абсолютные интенсивности звезды сравнения;  $B_{\odot}(\lambda)$  — монохроматическая яркость Солнца [4];  $\Delta$  — радиус-вектор планеты;  $L$  — расстояние от планеты до Земли;  $R_{\odot}$  — радиус Солнца;  $r_p$  — радиус участка видимого диска планеты (или колец), вырезаемого диафрагмой.

В результате вычислений получены абсолютные значения яркости центра диска и колец  $A$  и  $B$  Сатурна (см. таблицу).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров М. С. Кольца Сатурна. — М.: Наука, 1970. — 118 с.
2. Исаков И. С., Кардополов В. И., Соловейчик В. И. Прозрачность на г. Майданак по фотометрическим наблюдениям. — В кн.: Атмосферная оптика. М.: Наука, 1974, с. 126—130.
3. Круглов В. Д. Временные вариации УФ-поглощения в непрерывном спектре Юпитера и Сатурна. — Астрон. вестн., 1972, 6, с. 168—173.
4. Макарова Е. А., Харитонов А. В. Средние данные об абсолютном распределении энергии в спектре Солнца в области от 1800 Å до 4 мм. Солнечная постоянная. — Астрон. журн., 1968, 45, с. 752—765.
5. Харитонов А. В., Терещенко М., Глушнева Е. А., Ребристый В. Т., Фришберг Л. Д. Спектрофотометрия А- и Т-звезд. — Тр. Астрофиз. ин-та АН КазССР, 1974, 24, с. 1—223.
6. Харитонова Г. А. О долготных и временных вариациях поглощения в атмосфере Сатурна. — В кн.: Исследование атмосфер планет-гигантов. Алма-Ата : ВИНИТИ, 1976, с. 75—87.
7. Шейн Г. А. О распределении интенсивности в спектре Сатурна и его колец. — Циркуляр Пулк. обсерватории, 1935, 13, с. 9—16.
8. Cook A. F., Franklin F. A. Rediscussion of Maxwell's Adams Prize essay on the stability of Saturn's rings I. — Astron. J., 1964, 69, p. 173—200.
9. Lumme K., Irvine W. M. Photometry of Saturn's rings. — Astron. J., 1976, 81, p. 865—893.
10. Lumme K., Irvine W. H. Azimuthal brightness variations of Saturn's rings. — Astrophys. J., 1976, 204, L55—L57.
11. Shoenberg F. Photometrische Untersuchungen über Jupiter und das Saturnsystem.— Ann. Acad. Sci. Fennicae, Ser. A, 1921, 16, S. 5—10.

Главная астрономическая  
обсерватория АН УССР,  
Киев

Поступила в редакцию 10.05.78

V. D. KRUGOV

## SURFACE BRIGHTNESS OF SATURN'S RINGS A AND B

### Summary

The photoelectric observations of the rings and center of the disk of Saturn were performed in October-November 1975 using a 60 cm telescope installed on the Maidanak mountain.

Six interference filters (spectral interval 0.374-0.748 μm) were used. The brightness ratio of the west and east «ears» of the ring A decreases towards shorter wavelengths. A similar ratio for the ring B does not vary with wavelength. The absolute values are determined for the spectral brightness of the rings A and B «ears» as well as for Saturn's disk.