

УДК 523.46

## Проявление сезонных изменений в атмосфере Сатурна

А. П. Видьмаченко

На примере исследования распределения метанового поглощения ( $\lambda=0.619$  мкм) по диску Сатурна показана возможность изучения сезонных процессов в атмосферах планет на коротких интервалах времени. В частности, получено, что изменение наклона оси вращения планеты в картинной плоскости, которое произошло у Сатурна с 1965 по 1967 г., достаточно для проявления определенных фотометрических эффектов в его атмосфере. Экспериментально подтверждено, что радиационная постоянная атмосферы уменьшается с увеличением высоты.

*SEASONAL CHANGES DISPLAY IN THE SATURN ATMOSPHERE, by Vid'machenko A. P.—On the example of investigation of the methane absorption distribution ( $\lambda=0.619 \mu\text{m}$ ) across the Saturn disk it is shown possible to study the seasonal processes in planetary atmospheres for short time intervals.*

Периоды обращения далеких планет вокруг Солнца составляют от 12 лет у Юпитера до 248 лет у Плутона. Поэтому исследование возможных сезонных или других долгопериодических вариаций их отражательных свойств может показаться малоперспективным и даже вообще невозможным на коротких интервалах времени. Однако у всех планет существуют определенные точки на орбите (можно назвать их критическими точками), возле которых происходит резкое изменение отражательных характеристик. Ярким примером может быть момент весеннего равноденствия на Земле, когда за один месяц до него снежный покров простирается от северного полюса до широты  $\varphi=+(30-40^\circ)$ , а в южном полушарии снег тает даже на берегах Антарктиды; спустя лишь один месяц после перехода подсолнечной точки через экватор в северном полушарии снег остается только на части арктических островов, а в противоположной полусфере снежный покров занимает область от южного полюса до широты  $\varphi=-(30-40^\circ)$ . Следовательно, наблюдения в течение всего двух месяцев (около 0.17 земного года) позволяют обнаружить изменения отражательных свойств планеты и установить, что именно сезонные вариации облучения планеты Солнцем являются причиной происходящих изменений.

Атмосфера как термодинамическая система отвечает на вариации облучения планеты Солнцем не мгновенно, а спустя некоторое время  $\tau_R$ , называемое временем радиационной релаксации. В [4] показано, что  $\tau_R$  определяется некоторым эффективным уровнем в атмосфере, уменьшается с падением давления или, что то же самое, с увеличением высоты. Поэтому исследование распределения поглощения по диску планеты в метановых полосах различной интенсивности, формирующихся на разных высотах, проводимое при разных значениях планетоцентрического склонения Солнца  $B$ , позволит экспериментально изучать изменение радиационной постоянной атмосферы планеты с изменением высоты. Следовательно, анализируя время «отклика» атмосферы на вариации условий облучения планеты Солнцем (что должно определенным образом проявиться в изменении отражательных и (или) излучательных свойств), мы тем самым можем оценить некоторые физические параметры атмосферы.

Проверим изложенное на примере распределения метанового поглощения вдоль центрального меридиана Сатурна в 1965 и 1967 гг. при сатурноцентрическом склонении Солнца  $B \approx +5$  и  $B \approx -5^\circ$  соответственно, т. е. за один год до момента равноденствия и через один год после него. Малые значения  $B$  позволяют получить практически

весь фотометрический профиль вдоль центрального меридиана. При больших значениях  $B$  (например, в 1964 и 1968 гг.) кольца уже закрывали значительную часть соответственно южного и северного полушарий Сатурна. В 1965 г. кольца закрывали часть южной экваториальной области в диапазоне широт от  $-1$  до  $-7^\circ$ , а в 1967 г. — часть северной экваториальной области в диапазоне от  $+1$  до  $+7^\circ$ . Поэтому мы проводили сравнение результатов только для широт  $|\varphi| > 7^\circ$ .

Предварительный анализ используемых нами данных [2, 3] о распределении вдоль центрального меридиана планеты эквивалентной

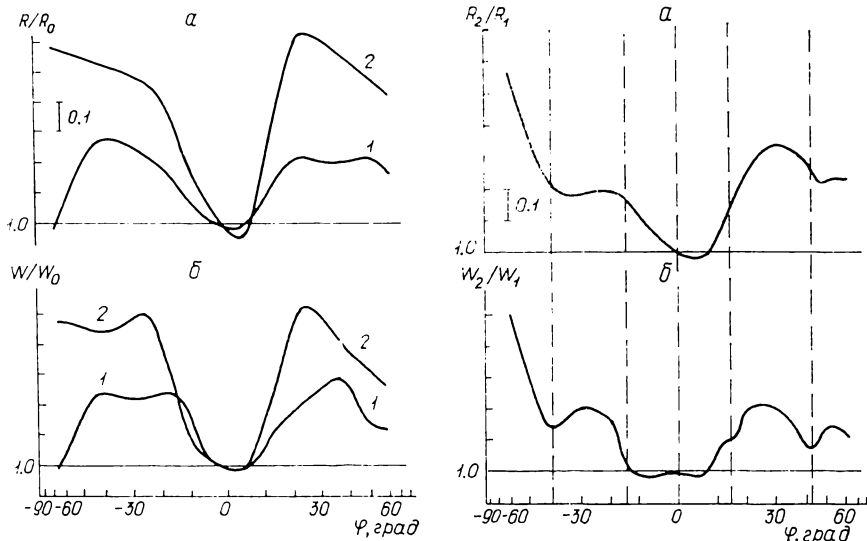


Рис. 1. Относительные изменения центральной глубины (а) и эквивалентной ширины (б) полосы поглощения метана  $\lambda$  0.619 мкм вдоль центрального меридиана Сатурна: 1 — 1965 г.; 2 — 1967 г.

Рис. 2. Изменения (происшедшие за период с 1965 по 1967 г.) центральной глубины (а) и эквивалентной ширины (б) полосы поглощения метана  $\lambda$  0.619 мкм вдоль центрального меридиана Сатурна

ширины  $W$  и центральной глубины  $R$  метановой полосы поглощения  $\lambda$  0.619 мкм показал, что за период с 1965 по 1967 г. произошло некоторое общее уменьшение поглощения. В [2] отмечалось, что было бы заманчиво считать такие изменения реальными, но, учитывая погрешности фотографических измерений, нельзя утверждать, что наблюдаемые различия в общем уровне поглощения могут быть полностью отнесены за счет действительного изменения в атмосфере Сатурна. К тому же, более точные фотоэлектрические измерения показали существенно лучшую сходимость результатов от года к году, что свидетельствует против значительных временных изменений поглощения. Поэтому мы провели сравнение наблюдательных данных о полосе 0.619 мкм по относительному распределению поглощения на диске Сатурна, нормированному на центр диска (рис. 1). Для большей наглядности найдем отношения величин  $R$  и  $W$  в 1965 и 1967 гг. Полученные значения отношений  $R_2/R_1$  и  $W_2/W_1$  (рис. 2) характеризуют три широтные области на Сатурне: экваториальную ( $|\varphi| < 15^\circ$ ), умеренную ( $|\varphi| \approx 15-40^\circ$ ) и высокоширотную ( $|\varphi| > 40^\circ$ ). В этих областях поглощение ведет себя по-разному.

Для выявления сезонных изменений, происшедших в атмосфере Сатурна за отмеченный период, представим имеющиеся данные в форме, предложенной в работе [1]. Для этого разделим северную часть фотометрического профиля на соответствующую южную его часть для одних и тех же значений широты в обоих полушариях планеты. Из-

вестно, что формирование поглощения в центре полосы и ее крыльях происходит в атмосфере на разных уровнях: центр полосы формируется в более высоких слоях атмосферы. Учитывая все изложенное, построим соответствующие профили отношений метанового поглощения в полосе  $\lambda$  0.619 мкм отдельно для центральной глубины  $R_N/R_S$  (рис. 3, а) и для эквивалентной ширины  $W_N/W_S$  (рис. 3, б), больше характеризующей крылья полосы. Полученные профили показывают существование антифазной волны (см. в [1]) в изменении поглощения в умеренных областях и полярных районах Сатурна. Причем в

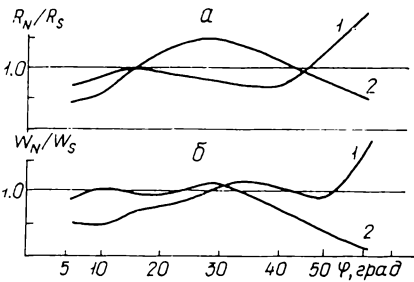


Рис. 3. Кривые отношения метанового поглощения (в полосе  $\lambda$  0.619 мкм) для северного и южного полушарий Сатурна: а — центральная глубина; б — эквивалентная ширина; 1 — 1965 г.; 2 — 1967 г.

полярных районах антифазность выражена более явно. Основной вклад в существование антифазности вносят вариации центральной глубины: для  $R_N/R_S$  антифазная волна существует и в полярных районах, и в умеренных областях (рис. 3, а), тогда как антифазное изменение эквивалентной ширины произошло только в полярных районах (рис. 3, б).

**Выводы.** 1. Наблюдаемая антифазность в изменении поглощения вдоль центрального меридиана свидетельствует о том, что даже такого малого изменения наклона оси вращения планеты в картинной плоскости, какое произошло у Сатурна с 1965 по 1967 г., достаточно для проявления определенных фотометрических эффектов в атмосфере планеты, а также о наличии в атмосфере Сатурна уровней (где частично происходит формирование полосы поглощения  $\lambda$  0.619 мкм), имеющих радиационную постоянную  $\tau_R$  менее двух земных лет; 2. Данные об относительном распределении метанового поглощения от экватора к полюсу показывают возможное уменьшение с увеличением высоты времени «отклика» атмосферы Сатурна на вариации облучения планеты Солнцем. Следовательно, экспериментально подтверждено уменьшение радиационной постоянной с падением давления.

1. Стеклов А. Ф., Видьмаченко А. П., Миняйло Н. Ф. Сезонные изменения в атмосфере Сатурна // Письма в Астрон. журн.— 1983.— 9, № 2.— С. 11—17.
2. Тейфель В. Г. Оптические свойства атмосфер Юпитера и Сатурна : Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук.— Алма-Ата, 1980.— 28 с.
3. Тейфель В. Г., Усольцева Л. А., Харитонова Г. А. Оптические свойства и строение атмосферы Сатурна. II. Широтные вариации поглощения в полосе  $\text{CH}_4$  0.62 мкм и особенности планеты в ближнем ультрафиолете // Астрон. журн.— 1973.— 50, вып. 1.— С. 167—171.
4. Cess R. D., Caldwell J. Saturnian stratospheric seasonal climate model // Icarus.— 1979.— 38, N 3.— P. 349—357.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,  
Киев

Поступила в редакцию 04.09.86,  
после доработки 19.12.86