

УДК 523.45

Наземные исследования Юпитера в период 1978—1983 гг.: отражательная способность и вид планеты в видимом диапазоне

В. Г. Черный

Представлен ряд изображений Юпитера, полученных в 1981—83 гг. на г. Майданак и подвергнутых когерентно-оптической фильтрации. Достигнуто разрешение $0.3''\text{—}0.4''$, что позволяет с высокой эффективностью вести исследования глобальной динамики атмосферы Юпитера. Благодаря высокому разрешению в приполярных областях планеты обнаружена устойчивая зональная структура, не отмечавшаяся в период полетов «Вояджер-1,-2». Приведены результаты абсолютной фотометрии Юпитера в июне 1983 г. Обнаружено, что отражательная способность главных зон и поясов планеты в период 1982—1983 гг. имеет тенденцию к увеличению по сравнению с 1978—1981 гг.

THE GROUND-BASED INVESTIGATIONS OF JUPITER IN 1978—1983. REFLECTIVITY AND APPEARANCE OF THE PLANET IN THE VISUAL SPECTRAL RANGE, by Chernyj V. G. — Several images of Jupiter are shown which were recorded on Mount. Majdanak in 1981—1983 and then were processed with the coherent optical technique. The resolution $0.3\text{—}0.4''$ has been obtained ensuring successful investigations of global Jovian atmosphere dynamics. Owing to high angular resolution the stable zonal structure is detected near polar regions of the planet which has not been observed by Voyagers. Results of absolute photometry of Jupiter in June 1983 are presented. Reflectivity of main belts and zones is found to have a tendency to increase in comparison with that in 1978—1981.

Наземные систематические исследования планет, обладающих атмосферой, являются актуальными и необходимыми при изучении метеорологии планет. Такие исследования предполагают длительные ряды наблюдений за динамикой и циркуляцией планетных атмосфер с использованием имеющихся наземных средств и методов астрофизики. Использование фотографической фотометрии в совокупности с высоким пространственным разрешением, полученным в результате применения апостериорной обработки фотографических изображений позволит получить обширный статистический материал о морфологии и динамике различных образований в атмосфере и на поверхности планет. Фотографические наблюдения ценны своей документальностью и дают возможность одновременно зафиксировать картину относительного распределения яркости по всему диску планеты. Абсолютную яркость отдельных деталей планеты получаем путем привязки относительных фотометрических измерений к выбранному стандарту. В данной работе для стандартизации фотографических наблюдений Юпитера использованы фотоэлектрические наблюдения звезды-стандарта и опорных деталей диска планеты, выполняемых одновременно с фотографированием Юпитера и проводимых на другом однотипном инструменте по программе, сходной с «Планетным патрулем». При отлаженной системе «Планетного патруля» фотографические и фотоэлектрические наблюдения одних и тех же объектов будут вестись одновременно, поэтому, в отличие от многих работ по определению абсолютной яркости деталей планет при фотографических исследованиях [8, 13], на процесс стандартизации не потребуется дополнительного наблюдательного времени, и точность привязки будет значительно выше.

Наблюдательный материал. Фотографические наблюдения Юпитера проводились в весенне-летние сезоны 1981—1983 г. г. на г. Майданак, являющейся одним из лучших астроклиматических мест СССР. Наиболее длительный характер носили наблюдения 1983 г., проводившиеся в течение двух месяцев в сезон наилучшей видимости планеты

(апрель — июнь) на 60-см и 1-м телескопах Цейса и относительным отверстием 1 : 63.5. Детектором приходящего излучения служила высокочувствительная пленка Изопанхром Т-22. С помощью кинокамеры «Конвас» в режиме покадровой съемки были получены серии снимков Юпитера в пяти фильтрах в интервале длин волн λ 0.40 ÷ 0.70 мкм. Характеристики применяемых светофильтров приведены в таблице. Серия снимков состояла из 30 ÷ 50 одиночных изображений. Общая продолжительность фотографирования серии изображений в одном фильтре не более 5 мин. Усреднение множества реализаций является единственной возможностью ощутимого повышения значения сигнал-шум зарегистрированного на фотоматериале изображения в заданном элементе разрешения [14].

Характеристики фотографических наблюдений и коэффициенты яркости основных деталей Юпитера в 1983 г.

Фильтр	Эффективная длина волны $\lambda_{\text{эфф}}$, мкм	Полоса $\Delta\lambda$, мкм	Коэффициент яркости $\rho(\lambda_{\text{эфф}})$				
			NTrZ	NEB	EZ	SEB	STrZ
Синий	0.444	0.064	0.672	0.504	0.633	0.452	0.689
Голубой	0.470	0.044	—	—	—	—	—
Зеленый	0.527	0.082	0.722	0.603	0.764	0.581	0.762
Оранжевый	0.595	0.046	0.788	0.738	0.823	0.702	0.814
Красный	0.676	0.033	0.825	0.784	0.844	0.779	0.839

Пример усредненного изображения Юпитера показан на рис. 1, а. Угловое разрешение, обусловленное земной атмосферой и определяемое как корень квадратный из дисперсии гауссовой функции рассеяния точки σ^2 , для данного снимка равно 0.45".

Стандартизация и абсолютная фотометрия фотографических изображений Юпитера, полученных в 1983 г. Для пяти фотометрических наблюдательных ночей 1983 г. проведена стандартизация фотографических наблюдений Юпитера. Спектрофотометрические измерения проводились наблюдателями ГАО АН УССР В. И. Шавловским и А. Н. Довгополом с помощью электрофотометра, установленного в фокусе 60-см телескопа Цейса на г. Майданак. Отдельные участки спектра в диапазоне λ 0.35 ÷ 0.75 мкм вырезались интерференционными фильтрами ($\Delta\lambda/\lambda \approx 2\%$). В качестве фотометрического стандарта выбрана звезда λ Vig спектрального класса A8m, абсолютное распределение энергии в спектре которой известно [12], и вторичный стандарт — звезда 9ω Orh спектрального класса A6, которая на период наблюдений находилась на малом угловом расстоянии от планеты ($1^\circ \div 2^\circ$). Коэффициент перехода от одного стандарта к другому определен наблюдателями ГАО АН УССР по отсчетам ФЭУ в каждом используемом фильтре. Для дальнейших вычислений использовалось значение $k(\lambda)$, среднее за сезон наблюдений 1983 г., максимальная ошибка которого в отдельно взятую ночь не превышает 1%. Фотоэлектрические наблюдения Юпитера проводились в течение 8 ÷ 10 мин вблизи момента кульминации; за опорную деталь выбиралась площадка в центральной части STrZ, вырезаемая диафрагмой диаметром $d'' = 1.98'' \pm 0.03''$. Коэффициенты яркости $\rho(\lambda)$ опорной детали в узких интерференционных фильтрах вычислялись по формуле:

$$\rho(\lambda) = \frac{I_{\text{Ю}}(\lambda) E_{\odot}^*(\lambda) r^2}{I_*(\lambda) k(\lambda) \left(\sin \frac{d''}{2}\right)^2} P^{\Delta M(z)}(\lambda), \quad (1)$$

где $I_{\text{Ю}}(\lambda)$ и $I_*(\lambda)$ — соответственно отсчеты ФЭУ при наведении на опорную деталь и на вторичный стандарт; $E_{\odot}^*(\lambda)$ — отношение спек-

тральных значений освещенности, создаваемой первичным стандартом и Солнцем на верхней границе земной атмосферы [12, 9]; r — гелиоцентрическое расстояние Юпитера; d'' — диаметр диафрагмы в угловых секундах; $\Delta M(Z)$ — разность воздушных масс для Юпитера и вторичного стандарта; P — коэффициент прозрачности земной атмосферы.

Спектральные коэффициенты прозрачности $P(\lambda)$ земной атмосферы на г. Майданак измерялись каждую фотометрическую ночь наблюдателями ГАО АН УССР по методу квазисовременного наблюдения

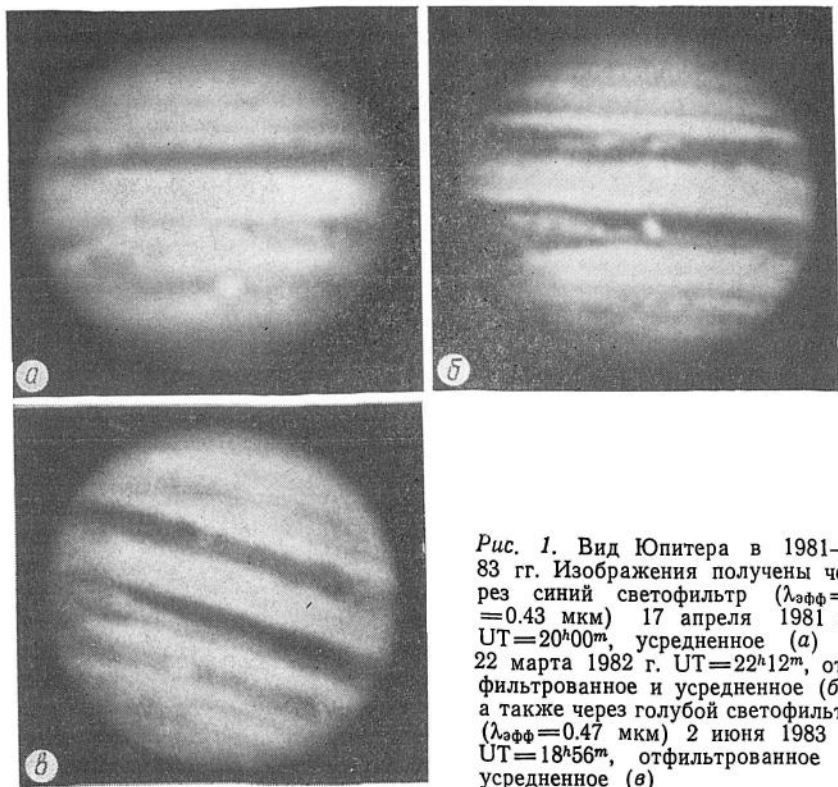


Рис. 1. Вид Юпитера в 1981—83 гг. Изображения получены через синий светофильтр ($\lambda_{эфф} = 0.43$ мкм) 17 апреля 1981 г. UT=20^h00^m, усредненное (а) и 22 марта 1982 г. UT=22^h12^m, отфильтрованное и усредненное (б), а также через голубой светофильтр ($\lambda_{эфф} = 0.47$ мкм) 2 июня 1983 г. UT=18^h56^m, отфильтрованное и усредненное (в)

двух звезд на разных зенитных расстояниях Z [5]. С разрешения В. И. Шавловского и А. Н. Довгопола их измерения $P(\lambda)$ использованы для вычислений коэффициента яркости $\rho(\lambda)$.

Фотографирование по одной серии изображений Юпитера в 5 фильтрах длилось в 4—5 раз дольше, чем фотоэлектрические измерения, поэтому возникает необходимость численного исследования долготных вариаций интенсивности STrZ, используемой нами в качестве опорной детали. Для этого были отобраны серии изображений за 6 близких наблюдательных ночей, когда долгота центрального меридиана Юпитера изменялась примерно на 60° (от момента наблюдения в одну ночь к моменту наблюдения в другую ночь). Фотографические изображения измерялись на микрофотометре МФ-2 вдоль зоны STrZ с шагом в $1.0''$ окошком микрофотометра, вырезающим на изображении площадку $1'' \times 2''$. Фотометрические профили за каждую ночь в двух фильтрах — красном и голубом — усреднены по пяти изображениям из серии. Внутренняя сходимость результатов фотометрирования в интервале ± 0.85 радиуса диска Юпитера определена нами в 1.5 — 2.0 %. Последующее сравнение шести усредненных фотометрических разрезов (через 60° по долготе) в каждом из двух фильтров показало, что максимальная ошибка при стандартизации за счет долготных вариаций яркости STrZ (исключая область около 30° по долготе вблизи Красного Пятна) может составить 3.8 % в красном светофильтре и 4.3 % — в голубом.

Вычисленные значения $\rho(\lambda)$ для центральной части STrZ были проинтерполированы на найденные значения $\lambda_{\text{эф}}$ фотографической системы по формуле:

$$\rho_0(\lambda_{\text{эф}}) = \frac{\int \rho(\lambda) E_{\odot}(\lambda) \tau(\lambda) S(\lambda) d\lambda}{\int E_{\odot}(\lambda) \tau(\lambda) S(\lambda) d\lambda}, \quad (2)$$

где $E_{\odot}(\lambda)$ — монохроматическая интенсивность солнечного излучения [9]; $S(\lambda)$ — спектральная чувствительность пленки Т-22; $\tau(\lambda)$ — спектральная кривая пропускания светофильтра.

Для определения абсолютных значений яркости основных зон и поясов Юпитера использованы относительные фотометрические измерения фотографических изображений вдоль центрального меридиана и вычисленные $\rho_0(\lambda_{\text{эф}})$ для зоны STrZ по формуле:

$$\rho(\lambda_{\text{эф}}) = \frac{I}{I_0} \rho_0(\lambda_{\text{эф}}), \quad (3)$$

где I и I_0 — измеренные относительные интенсивности исследуемой и опорной детали соответственно. Результаты измерения абсолютной отражательной способности основных зон и полос Юпитера в 1983 г. приведены в таблице. Максимальная ошибка измерений отражательной способности деталей диска Юпитера определена нами в 6.5—7 %, а для опорной детали (STrZ) — 5 — 5.5 % без учета ошибок в спектрах Солнца и звезды-стандарта.

Повышение пространственного разрешения исходного материала. Разработанная в АО ХГУ методика сбора фотографического наблюдательного материала и использование линейной фильтрации полученных изображений на когерентно-оптической установке АО ХГУ с последующим усреднением множества одиночных реализаций [14] дает возможность получать изображения протяженных астрономических объектов с разрешением в 2 раза более высоким, чем исходное, определяемое состоянием земной атмосферы. На обработанном по такой методике изображении становится заметным большое число малых деталей, почти неразличимых на исходном снимке (см. рис. 1, а и 1, б). На фотометрических разрезах, выполненных для исходного и восстановленного изображений [14], хорошо заметен эффект исправления распределения яркости вблизи краевой зоны Юпитера, а также улучшение детектируемости малых слабоконтрастных деталей. Контрольные фотометрические измерения позволяют утверждать, что суммарная погрешность, вносимая условиями ввода исходной информации в когерентно-оптическую систему и собственным шумом системы, не превосходит 1 %.

Данная методика обработки фотографических изображений значительно расширяет возможности фотографической фотометрии, т. к. позволяет повысить разрешение получаемых наземных изображений, а также привести неоднородный по качеству наблюдательный материал к одинаковому разрешению, что очень важно при изучении динамических процессов в исследуемых протяженных объектах.

Анализ результатов. Мелкомасштабные изменения облачной структуры Юпитера. Рис. 2 и 3 демонстрируют отфильтрованные и усредненные по нескольким десяткам реализаций изображения Юпитера, полученные через красный светофильтр в 1983 г. с интервалом 16 суток, приведенные к одной оптической передаточной функции (ОПФ) с параметром $\sigma \sim 0.35''$. Исходные значения параметра σ за данные ночи наблюдений равны $0.65''$ и $0.50''$ соответственно.

Качественный анализ обработанного материала убедительно показывает, что регулярные наземные фотографические наблюдения Юпитера и последующие линейная фильтрация и усреднение изображений дают ценнейшую информацию о всевозможных изменениях в мелкомас-

штабной структуре Юпитера, почти ненаблюдаемой с Земли. Например, сопоставление приводимых изображений (см. рис. 2 и 3) демонстрирует изменение формы и яркости вытянутой светлой детали шириной не более $1''$ в высоких ($60^\circ \div 70^\circ$) северных широтах Юпитера. На всех приводимых снимках север — вверх, запад — слева. По этим снимкам прослеживаются межзональные и внутризональные относительные смещения деталей, как крупных, так и довольно мелких. При этом, бла-

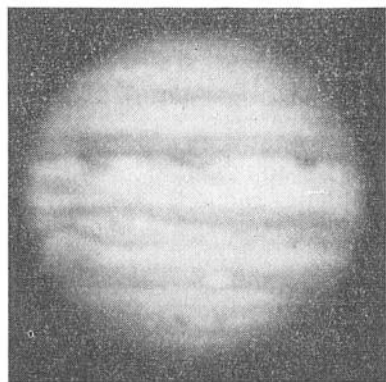
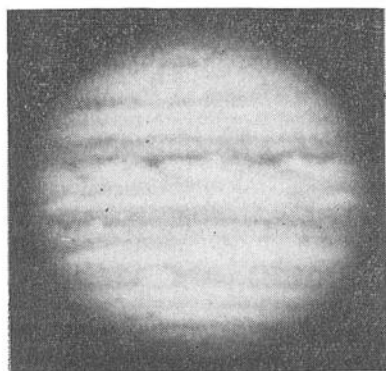


Рис. 2. Отфильтрованное и усредненное по 28 реализациям изображение Юпитера в красном светофильтре за 16.05.1983 г. UT=20^h21^m

Рис. 3. Изображение Юпитера, полученное 2.06.1983 г. UT=18^h27^m через красный светофильтр, отфильтрованное и усредненное по 35 реализациям

годаря измерениям относительного смещения мелких облачных структур, значительно повышается точность определения скоростей зональных потоков на Юпитере по наземным наблюдениям.

Глобальные перемены в облачной структуре Юпитера. Анализ нашего наблюдательного материала за 1981—1983 гг. показал наличие крупномасштабных изменений в облачном слое Юпитера в видимом диапазоне за этот период. Изображения планеты, полученные с интервалом в 11 и 14 месяцев (рис. 1а, б, в) наглядно показывают такие изменения. Довольно крупные (размерами 7000 — 12 000 км) белые пятна в темной полосе SEB в южном полушарии (широта $\sim 15^\circ S$), растянувшиеся цепочкой почти на 180° по долготе в 1981 г. (см. рис. 1а), почти полностью диссипировали к июню 1983 г., за исключением нескольких пятен, а вблизи южного края SEB возникла светлая полоса, опоясавшая всю планету на широтах $15^\circ \div 17^\circ S$ (см. рис. 1в, 2, 3). Темная полоса NEB в северном полушарии значительно изменила свой вид в этот период — в ней стало больше светлого вещества. В 1983 г. она разделялась на две части светлой полосой шириной около 4000 — 5000 км. Отмечены изменения в районе зон STrZ и STeZ, а также полосы STB в южном полушарии. Изменения, указанные выше, напоминают описываемую Фокасом [15] картину затухания максимума активности планеты.

Наличие активных процессов в облачном слое планеты, протекающих весьма бурно, зафиксировали «Вояджер-1,-2» [18, 19] в 1979 г. Наблюдения «Вояджер» свидетельствовали о заметных изменениях в картине облачности, произошедших всего за несколько месяцев. Сравнение изображений Юпитера, полученных в 1979 г. и наших фильтрованных (см. рис. 1б, в, 2 и 3), а также нефильтрованных (рис. 1а) изображений за 1981—1983 гг. обнаруживает значительные изменения во внешнем облике планеты за этот период. Особенно эти перемены существенны для южного полушария планеты. Например, в 1981 г. в темной полосе SEB мы наблюдали цепочку ярких белых пятен с размерами в $2''$ — $3''$. Этих пятен «Вояджер-1,-2» не обнаружили в SEB, но на ши-

ротах $12^{\circ} \div 14^{\circ} \text{S}$ в 1979 г. наблюдались вытянутые циклоны, чередующиеся с более ярко выраженными эллиптическими антициклонами [17, 19]. Вероятно, наблюдаемые нами белые пятна возникли из этих антициклонов в 1979—1980 гг. Наши наблюдения показывают, что к середине 1983 г. многие белые пятна на широте $\sim 15^{\circ} \text{S}$ диссипировали.

Согласно современным представлениям [16], перенос вихревого момента антициклоническими объектами и передача его зональному потоку является важным энергетическим источником наблюдаемых перемещений облачных структур. Следовательно, уменьшение в размерах или полное исчезновение белых овалов на широтах 31°S и 41°S в период 1979—1983 гг., а также диссипация таких образований в темной полосе SEB в 1982—1983 гг., возможно, является проявлением уменьшения активности внутренних источников. С другой стороны, устойчивая зональная структура облачного слоя Юпитера является проявлением преобладающего влияния на динамические процессы в атмосфере планеты приходящего извне излучения по сравнению с внутренними источниками энергии [16]. По нашим наблюдениям к 1982 г. на Юпитере образовалась устойчивая зональная структура вплоть до широт $\geq 70^{\circ}$, которая в 1979 г. наблюдалась только до широт $50^{\circ} \div 60^{\circ}$. Этот факт, наряду с наблюдаемой диссипацией белых овалов в южном полушарии планеты является лишним подтверждением того, что в период 1981—1983 гг. повысился относительный вклад приходящего солнечного излучения по сравнению с энергией внутренних источников. Отождествить причины такого изменения баланса энергии в атмосфере Юпитера пока не представляется возможным.

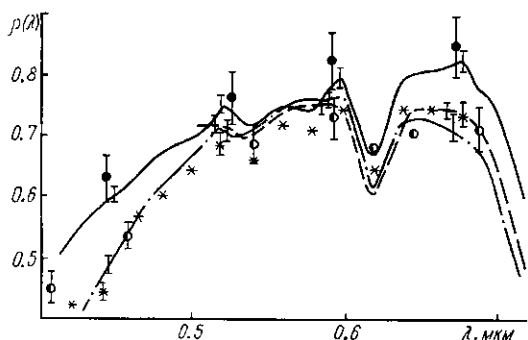
При сопоставлении наших изображений с изображениями «Вояджер» отмечены детали, которые мало изменились с 1979 г. Среди них — БКП, белый овал в STB на широте 31°S , а также крупные детали в северной части экваториальной зоны, хорошо заметные на снимках в красном светофильтре (см. рис. 2 и 3), так называемые шлейфы [18, 19]. Однако южная часть восточного экваториального потока претерпела изменения — в 1983 г. она стала наиболее яркой деталью на Юпитере в диапазоне $\lambda 0.5 - 0.7$ мкм и имела вид светлой полосы, параллельной экватору с несколькими темными перемычками. Шлейфы и светлая полоса разделялись более темной полосой примерно по экватору планеты.

Отражательная способность и контрасты в видимом диапазоне в период 1978—1983 гг. Видимые изменения в облачной структуре, отмеченные нами по фотографическим изображениям, должны сопровождаться изменениями других характеристик облачного слоя планеты, измеряемых при наземных наблюдениях. В. Г. Тейфель указывал [10], что в дополнение к изменениям относительной площади и контрастов между темными и светлыми поясами облаков должны происходить глобальные изменения отражательной способности облачного покрова Юпитера. Представляет большой интерес сравнение отражательной способности деталей планеты за несколько последних лет. Однако наши измерения абсолютной яркости основных деталей облачного слоя Юпитера (см. табл.) ограничиваются только июнем 1983 г., поэтому мы воспользуемся результатами наблюдений других авторов в интересующий нас период.

Результаты определения спектральной отражательной способности основных зон и поясов Юпитера 1983 г. мы сравнили с аналогичными измерениями В. М. Клименко [6, 7] в январе — феврале 1979 г., выполненными на той же аппаратуре, которая применялась для стандартизации наших фотографических наблюдений в одном и том же астропункте (г. Майданак). Обнаружено, что коэффициенты яркости светлых зон STrZ и EZ за период 1979—1983 гг. во всем исследуемом диапазоне $\lambda 0.4 \div 0.7$ мкм повысились на 10—20%. Зона NTrZ по своим отражательным характеристикам не изменилась. Отражательная способность темных поясов SEB и NEB в оранжевых и красных лучах

повысилась на 10—15 %, в синих и зеленых — изменения минимальны. Результаты измерения коэффициента яркости центра диска Юпитера в диапазоне λ 0.4÷0.7 мкм за период декабрь 1977 г.— июнь 1983 г. приведены на рис. 4. Необходимо отметить, что в анализируемых работах использовались различные звезды-стандарты и привязка стандартов не производилась. Распределения энергии в спектрах звезд брались всеми наблюдателями из спектрофотометрического каталога А. В. Харитонова

Рис. 4. Коэффициенты яркости центра диска Юпитера, полученные в период декабрь 1977 г.— июнь 1983 г. (• — данная работа 1983 г.; — — — Аксенов и др. 1982 [2]; - - - Аксенов и др. 1980 г. [1]; - · - · - Вдовиченко, Гайсин 1979 г. [4]; ● — Клименко 1979 г. [7]; * — Вдовиченко, Гайсин 1977 г. [3]). Вертикальные линии — внутренняя точность измерений без учета ошибок стандартов



и др. [12] (средняя квадратичная ошибка для используемых звезд 1.0 — 3.5 % в видимом диапазоне). В качестве стандартов в анализируемых работах использовались звезды ранних спектральных классов В—А. Измерения отражательной способности центра диска планеты в анализируемых работах производилось для углов фазы, близких к нулю.

Численные результаты проведенного сравнительного анализа отражают тенденцию увеличения отражательной способности центра диска Юпитера в видимом диапазоне в 1982—1983 гг. по сравнению с периодом декабрь 1977 г.— март 1980 г. как наблюдаемую закономерность при 5%-м уровне значимости по критерию Стьюдента.

Наблюдения Юпитера 1978—1979 гг. [5, 6, 7, 11] и 1983 г. показывают, что за это время произошли значительные изменения в относительном распределении яркости по диску планеты. Например, в 1979 г. наиболее яркой деталью во всем видимом диапазоне была зона NTrZ. В 1983 г. таковыми являлись южная часть экваториальной зоны EZ и южная тропическая зона STrZ. Полоса SEB оставалась наиболее темной деталью в исследуемый период. Максимальный контраст между темными и светлыми деталями диска Юпитера практически не изменился в период 1978—1983 гг.

Проведенный анализ наблюдательных данных в видимом диапазоне за 1981—1983 гг., а также наблюдений Юпитера, как наземных так и космических, выполненных в период 1978—1980 гг., позволяет утверждать, что бурные глобальные изменения в атмосфере планеты в 1979—1981 гг. сменились медленными изменениями 1982—1983 гг. Дальнейшие регулярные ряды наблюдений с высоким угловым разрешением должны дать наиболее полную картину непрерывного спектра изменений видимой структуры и других параметров облачного слоя Юпитера.

Автор благодарит сотрудников ГАО АН УССР В. В. Аврамчука, А. Н. Довгопола и В. И. Шавловского за содействие и помощь в проведении стандартизации фотографических наблюдений Юпитера.

1. Аксенов А. Н., Вдовиченко В. Д., Ибрагимов К. Ю. Оптические параметры атмосферы в районе экваториального пояса Юпитера по результатам наблюдений в 1980 г. — Астрон. журн., 1984, 61, с. 755—763.
2. Аксенов А. Н., Вдовиченко В. Д., Солодовник А. А. Коэффициенты яркости центра диска Юпитера в λ 0.34—1.10 мкм. — Астрон. циркуляр, 1983, № 1268, с. 3—5.
3. Вдовиченко В. Д., Гайсин С. М. Коэффициенты яркости центра диска Юпитера в λ 0.3—1.1 мкм. — Там же, 1978, № 997, с. 4—6.

4. Вдовиченко В. Д., Гайсин С. М. Коэффициенты яркости центра диска Юпитера в λ 0.3—1.12 мкм. — Там же, 1979, № 1064, с. 1—2.
5. Видьмаченко А. П., Клименко В. М., Мороженко А. В. Многоцветная фотометрия деталей диска Юпитера. I. Относительная спектрофотометрия в период видимости 1977—1978 гг. — Астрон. вестн., 1980, 14, № 2, с. 80—85.
6. Клименко В. М. Многоцветная фотометрия деталей диска Юпитера. Абсолютная отражательная способность. — Там же, № 3, с. 148—153.
7. Клименко В. М. Результаты исследований отражательной способности деталей диска Юпитера в период 1977—1979 гг. — В кн.: Физика планетных атмосфер: Сб. науч. тр. Киев: Наук. думка, 1981, с. 63—91.
8. Лебединцев В. Н. Абсолютная фотографическая фотометрия Юпитера и Сатурна со светофильтрами. — Тр. Харьков. астрон. обсерватории, 1957, 12, с. 167—240.
9. Макарова Е. А., Харитонов А. В. Распределение энергии в спектре Солнца и солнечная постоянная. — М.: Наука, 1972.—288 с.
10. Тейфель В. Г. Морфология молекулярного поглощения на диске Юпитера. — В кн.: Юпитер: Атмосфера, ионосфера. М.: Мир, 1979, с. 293—341.
11. Тейфель В. Г., Харитонova Г. А., Худяева Г. И. Зональные спектрофотометрические характеристики облачного покрова Юпитера. — Астрон. вестн., 1981, 15, № 2, с. 95—103.
12. Харитонов А. В., Терещенко В. М., Князева Л. Н. Сводный спектрофотометрический каталог звезд. — Алма-Ата: Наука, 1978.—197 с.
13. Ходячих М. Ф. Абсолютная фотометрия непрерывного спектра Юпитера. — Вестн. Харьков. ун-та, 1967, № 28, с. 102—109.
14. Цветкова В. С., Черный В. Г. О возможностях апостериорной обработки астрономических изображений. — Письма в Астрон. журн., 1984, 10, с. 469—473.
15. Focas J. H. La physique des planets. — Liège: Univ. Liège, 1962.—535 p.
16. Hunt G. H. On the dynamics of Jupiter's atmosphere. — *Vistas Astron.*, 1982, 25, p. 235—243.
17. Mitchell J. L., Terrile R. J., Smith B. A. et al. Jovian cloud structure and velocity fields. — *Nature*, 1979, 280, p. 776—778.
18. Smith B. A., Soderblom L. A., Johnson T. V. et al. The Jupiter system through the eyes of Voyager I. — *Science*, 1979, 204, p. 951—972.
19. Smith B. A., Soderblom L. A., Beebe R. et al. The Galilean satellites and Jupiter: Voyager 2 imaging science results. — *Science*, 1979, 206, p. 927—950.

Астрон. обсерватория
Харьков. ун-та им. А. М. Горького, Харьков

Поступила в редакцию 30.10.84,
После доработки 13.12.84

РЕФЕРАТ ПРЕПРИНТА

УДК 524.33—355

С. В. Марченко

БЫСТРАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЕРЕМЕННОСТЬ ЗВЕЗД

(Препринт ИТФ—84—80Р)

В обзоре приведены сведения о быстрых (минуты — десятки минут) вариациях абсорбционных и эмиссионных особенностей в спектрах звезд различных типов (Т Тау, Ве, гиганты и сверхгиганты, Ар, WR, Of, тесные двойные системы, звезды с высокой хромосферной активностью и другие). В звездах типа Т Тау изменения наблюдаются прежде всего в линиях бальмеровской серии, H и K CaII, некоторых линиях FeII, TiII, CrII, HeI, HeII и носят иррегулярный характер. В вариациях спектров звезд типов Ве, Ар нередко присутствуют периодические колебания. Быстрые изменения в спектрах могут вызываться активными процессами на поверхностях (вспышки, пятна), нестационарным истечением вещества с поверхности звезд как одиночных, так и в тесных двойных системах, нерадиальными колебаниями. Сведения о наблюдениях быстрой спектральной переменности представлены в таблице. Изложены некоторые практические процедуры обработки спектрограмм, ориентированные на исследование спектральной переменности. Приведен ряд статистических критериев для обнаружения и оценки характеристик быстрых изменений спектров звезд.