

УДК 523.45—852.4,6

Характер облачной активности в южной экваториальной полосе (SEB) Юпитера в 1983—1987 гг.

В. Г. Черный

Описывается динамика и структура светлых компактных образований в темной экваториальной полосе SEB Юпитера по фотографическим изображениям с высоким разрешением. Отмечается цикличность изменений наблюдаемой облачной структуры. Показано, что возможен «сезонный» механизм, приводящий к цикличности облакообразующих процессов в данной области планеты.

NATURE OF CLOUD ACTIVITY IN THE JUPITER'S SOUTH EQUATORIAL BELT (SEB) IN 1983—1987, by Chernyj V. G.—The dynamics and the structure of the bright compact details in the dark Jupiter's equatorial belt SEB which are exposed by the analysis of the high-resolution photographic images are described. The recurrence of changes in the observed cloudy structure is noted. The «seasonal» mechanism resulting in the recurrence of the cloud-production processes in this region of the planet is also shown to be possible.

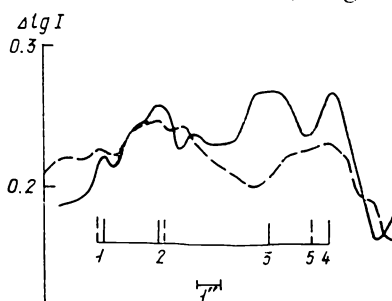
Замечательное проявление атмосферной активности Юпитера — возмущение южного экваториального пояса (SEBD), которое неоднократно наблюдалось ранее как квазипериодический процесс возникновения и исчезновения ярких белых облачных образований в полосе SEB планеты [4]. Имееются данные [11, 12] о том, что последнее возмущение SEBD развивалось начиная с июля 1975 г. до середины 1983 г. все более возрастающими темпами.

В настоящем сообщении, основанном на наблюдательных данных 1983—1987 гг., описаны развитие облачной структуры в полосе SEB Юпитера в отмеченный период, а также ее морфологическая связь с облачной структурой, наблюдавшейся на этих широтах в предшествующее десятилетие.

Фотографические изображения Юпитера получены автором на 60-см телескопе Цейса (гора Майданак). Они обрабатывались на когерентно-оптическом вычислителе Астрономической обсерватории Харьковского университета по ранее описанной методике [5]. Минимальные детали на обработанных снимках оцениваются в $0.7''$, что на диске Юпитера соответствует примерно 2000 км. На изображениях Юпитера за апрель—май 1983 г. в полосе SEB наблюдаются яркие белые пятна размером 3000—5000 км (в количестве не более 4—5), которые дрейфуют на широтах $13—15^{\circ}\text{S}$ со скоростью около 6 м/с (III система), приближаясь к Большому Красному пятну (БКП) с востока. В то же время вытянутые светлые образования шириной не более 2000 км на широтах $15—17^{\circ}\text{S}$ вовлечены в обратный поток и дрейфуют со скоростью примерно 9.5 м/с [7]. Как показывает анализ полученных изображений, БКП является барьером для многих приближающихся светлых пятен. При встрече с БКП такие образования или исчезают или разрушаются на отдельные фрагменты вытянутой формы, которые в дальнейшем вовлекаются во встречные потоки в полосе SEB. Однако отдельные пятна проходят по северному краю БКП, испытывают его влияние, затем восстанавливают свою форму и продолжают движение в том же направлении, удаляясь от него. Время существования отдельных компактных пятен в полосе SEB в период 1981—1983 гг. исчисляется от десятков до нескольких сотен дней [7, 11].

В июне 1983 г. на этих широтах наблюдался процесс взаимодействия и слияния двух пятен, который качественно напоминает картину

столкновения двух циклонических вихрей, находящихся в циклоническом потоке планеты [13]. За время примерно 120^h произошло слияние двух небольших пятен и возникло крупное пятно размером порядка 10 000 км. Приводимые на рисунке фотометрические разрезы изображений Юпитера вдоль широты $15^\circ S$ дают представление о наблюдаемом взаимодействии пятен. Цифрами на рисунке обозначены одни и те же детали в разные даты наблюдения. В нижней части рисунка показаны относительные расстояния между пятнами. Сплошная линия соответствует изображению за 4 июня UT = $19^h 19.5^m$, штриховая — 9 июня UT = $18^h 48.5^m$; $\Delta \lg I$ — относительная интенсивность.



Как отмечается в работе [9], в которой анализируются изображения Юпитера, полученные КА «Вояджер-2», слияние пятен — наиболее вероятный исход их взаимодействия. Причем вновь образованное пятно нестабильно и вскоре

Фотометрические разрезы изображений Юпитера в синем фильтре за июнь 1983 г. вдоль широты $15^\circ S$

разрушается [9]. Действительно, относительная яркость пятна 5 (рисунок) ощутимо меньше (на 10—12 %) яркости образующих его пятен. Отследить процесс распада пятна 5 нам не удалось из-за временной ограниченности наблюдений, однако замечено, что данное образование в последующие 120^h приобрело клочковатую структуру.

Наряду с процессами слияния и диссипации пятен в полосе SEB наблюдалось появление новых образований. Например, в середине мая 1983 г. в интервале долгот 145 — 165° (III система) обнаружено два новых пятна, не отмеченных в начале апреля. Возможно, процесс возникновения пятен происходил и в дальнейшем, так как изображения, полученные через год (в мае 1984 г.), регистрировали наличие отдельных пятен в полосе SEB к востоку от БКП.

Совершенно новую картину в исследуемой полосе Юпитера отмечают наши патрульные наблюдения в августе — сентябре 1985 г. Характерной особенностью этой темной полосы в 1985 г. была светлая облачная структура в ее средней части на широтах 13 — $17^\circ S$, напоминающая (но не повторяющая) облачность этих широт в 1973—1974 гг. во время полетов КА «Пионер-10, -11» [1]. Большое Красное пятно в 1974 г. было погружено полностью в широкую полосу светлых облаков в SEB. На снимках 1985 г. светлая полоса облаков восточнее БКП отделена от светлой тропической зоны темным промежутком. Однако на изображениях Юпитера, разделенных 11-летним интервалом, отсутствуют компактные светлые пятна, наблюдавшиеся к востоку от БКП в предыдущие годы [6, 10].

Фотографические наблюдения Юпитера в 1986—1987 гг. отмечают новое нарастание процесса пятнообразования на широтах 15 — $20^\circ S$. Например, в июле 1986 г. на этих широтах существовали вытянутые волокнистые структуры светлой облачности с вкраплениями отдельных компактных пятен. Изображения Юпитера, полученные в октябре 1987 г., содержат несколько светлых пятен в непосредственной близости к БКП.

Анализ изображений Юпитера, полученных на горе Майданак в период 1981—1987 гг. (см. [6, 7]) показывает, что максимум активности в данной области атмосферы Юпитера приходится на 1981 г., когда на широтах 13 — $15^\circ S$ наблюдалось множество светлых компактных пятен.

Последовавшее затем посветление полосы SEB и отсутствие развитых компактных образований в ней на изображениях 1986 г. определяют некоторую (конечную или начальную) стадию состояния облачности в этих широтах Юпитера. Сопоставляя проведенный нами анализ событий в полосе SEB в 1981—1987 гг. с данными других авторов [11, 12] для периода 1975—1983 гг., приходим к выводам: во-первых, облачная структура на данных широтах Юпитера постоянно меняется и, во-вторых, изменения в полосе SEB в 1970-е — 1980-е годы имеют характерный ход, проявляющийся почти в 12-летней цикличности видимых явлений.

Такая цикличность с интервалом 3 или 5—8 лет, а иногда 11—12 лет отмечалась ранее [10—12]. Однако причины такого явления остаются неясными. Не исключено, что пусковым механизмом наблюдаемой цикличности могут быть колебания притока солнечной энергии в этих широтах, вызванные эксцентриситетом орбиты Юпитера, а также смещением подсолнечной точки на диске планеты в интервале $\pm 3.12^\circ$.

Амплитуда колебаний пришедшего солнечного излучения на широте 15°S составляет около $\pm 7\%$, что соответствует колебаниям теплового излучения не более $\pm 1\text{ K}$ [8]. Полагаем, что изменения такого порядка могут оказывать влияние на развитие конвективной неустойчивости на данных широтах атмосферы Юпитера при наличии действующих локализованных внутренних источников тепла. Например, локальное увеличение вертикального температурного градиента способствует быстрому подъему конвективных ячеек в атмосферу и соответственно увеличению их размеров и толщины облачности в данных образованиях [2, 3]. Вероятно, такой процесс происходил в 1981 г. в полосе SEB, поскольку период максимальной активности последнего возмущения SEBD (подтверждаемый наблюдениями [6, 7, 11]) совпадает с периодом минимальной инсоляции на данных широтах Юпитера.

1. Герелс Т. Результаты, полученные с помощью фотополариметров, установленных на борту космических аппаратов «Пионер-10» и «Пионер-11» // Юпитер: атмосфера, ионосфера.— М.: Мир, 1979.— Т. 2.— С. 395—432.
2. Мазин И. П., Шмидт С. М. Облака, строение и физика образования.— Л.: Гидрометеониздат, 1983.—280 с.
3. Матвеев А. Т. Динамика облаков.— Л.: Гидрометеониздат, 1981.—311 с.
4. Смит Б., Хант Дж. Движение и морфология облаков в атмосфере Юпитера // Юпитер: атмосфера, ионосфера.— М.: Мир, 1979.— Т. 2.— С. 433—459.
5. Цветкова В. С., Черный В. Г. О возможностях апостериорной обработки астрономических изображений // Письма в Астрон. журн.— 1984.—10, № 6.— С. 469—473.
6. Черный В. Г. Наземные исследования Юпитера в период 1978—1983 гг.: отражательная способность и вид планеты в видимом диапазоне // Кинематика и физика небес. тел.— 1985.—1, № 4.— С. 37—44.
7. Черный В. Г. К вопросу изучения динамики атмосферы Юпитера по наземным изображениям с высоким угловым разрешением // Там же.— 1986.—2, № 6.— С. 22—26.
8. Beebe R., Suggs R., Little T. Seasonal north-south asymmetry in solar radiation incident on Jupiter's atmosphere // Icarus.— 1986.—66, N 2.— P. 359—365.
9. MacLow M. M., Ingersoll A. Merging of vortices in the atmosphere of Jupiter: an analysis of Voyager images // Ibid.— 1986.—65, N 2.— P. 353—369.
10. Reese E. Jupiter: its red spot and disturbances in 1970—1971 // Ibid.— 1972.—17, N 1.— P. 57—72.
11. Sanchez-Lavega A., Rodrigo R. Ground-based observations of synoptic cloud systems in southern equatorial to temperate latitudes of Jupiter from 1975 to 1983 // Astron. and Astrophys.— 1985.—148, N 1.— P. 67—78.
12. Terrile R., Beebe R. Summary of historical data: interpretation of the Pioneer and Voyager cloud configuration in a time-dependent framework // Science.— 1979.— 204, N 4396.— P. 920—926.
13. Williams G., Yamagata T. Geostrophic regimes, intermediate solitary vortices and Jovian eddies // J. Atmos. Sci.— 1984.—41, N 4.— P. 453—478.