

УДК 523.4

**А. П. Видьмаченко**

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины  
ул. Академика Заболотного 27, Киев, 03143  
vida@mao.kiev.ua

## **Изменения активности полушарий Юпитера**

*Вариации ювимагнитной широты Земли на Юпитере более предпочтительные при солнечно-обусловленных изменениях отражательных свойств видимого диска. Из-за эксцентриситета орбиты ( $e = 0.04845$ ) атмосфера в северном полушарии получает на 21 % больше солнечной энергии, поскольку в близкий к летнему солнцестоянию момент Юпитер находится в перигелии. Результаты наших исследований показали, что отношение яркости северной и южной тропических и умеренных поясов является наглядным фактором фотометрической активности процессов в атмосфере Юпитера. Из анализа наблюдательных данных за период 1962—2017 гг. обнаружена цикличность изменения фактора активности полушарий планеты с периодом 11.87 лет. Это говорит о наличии сезонной перестройки в атмосфере Юпитера.*

*ЗМІНИ АКТИВНОСТІ ПІВКУЛЬ ЮПІТЕРА, Відьмаченко А. П. — Варіації ювимагнітної широти Землі на Юпітері є основною причиною сонячно-обумовлених змін відбивальних властивостей видимого диска. Через эксцентриситет орбіти ( $e = 0.04845$ ) атмосфера північної півкулі отримує на 21 % більше сонячної енергії, оскільки у близький до літнього сонцестояння момент Юпітер перебуває у перигелії. Результати наших досліджень показали, що відношення яскравості північних і південних тропічних і помірних поясів є наочним фактором фотометричної активності процесів у атмосфері Юпітера. Из аналізу спостережних даних за період 1962—2017 рр. виявлено циклічність зміни фактора активності півкуль планети з періодом 11.87 років. Це вказує на наявність сезонної перебудови в атмосфері Юпітера.*

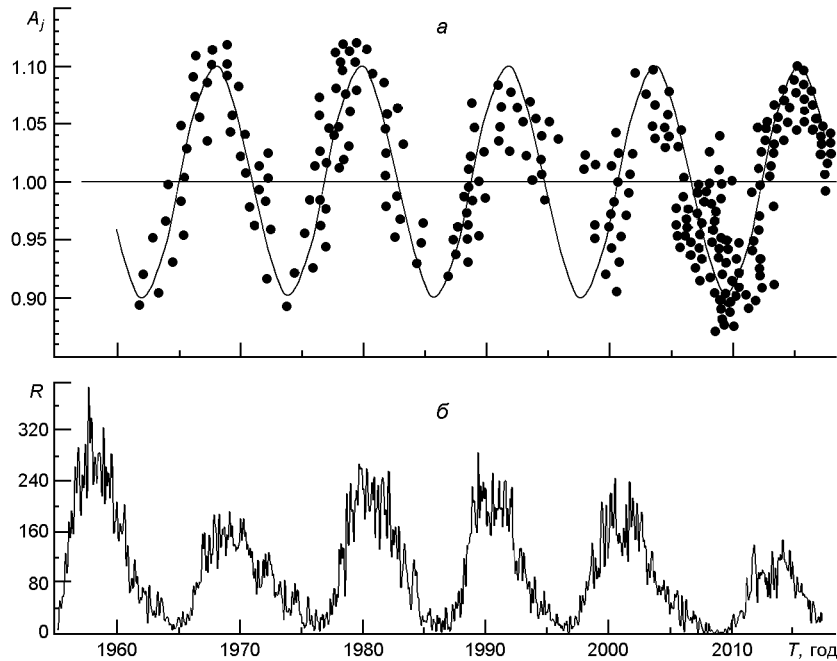
*CHANGES IN THE ACTIVITY OF JUPITER'S HEMISPHERES, Vidmachenko A. P. — Variations in the Earth's jovimagnetic latitude on Jupiter are more preferable for solar-induced changes in the reflective properties*

*of the visible disk. Because of the orbit's eccentricity ( $e = 0.04845$ ), the atmosphere in the northern hemisphere receives 21 % more solar energy than in the southern hemisphere. This is because at a time close to the summer solstice, Jupiter is at perihelion. The results of our studies have shown that the ratio of the brightness of the northern and southern tropical and temperate zones is a clear factor in the photometric activity of processes in the atmosphere of Jupiter. From the analysis of observational data for the period 1962—2017, the cyclicity in the change of the activity factor of planet's hemispheres with a period of 11.87 years was obtained. This indicates the presence of seasonal restructuring in the atmosphere of Jupiter.*

**Введение.** Наклон оси вращения Юпитера к плоскости орбиты составляет  $3.13^\circ$ . Мы отмечали [18, 23], что даже при таких небольших вариациях наклона наблюдается асимметрия меридионального распределения отражательных свойств облаков [2, 6, 7, 11, 13—15, 17, 18, 20, 22, 28—29]. В мощной магнитосфере Юпитера предпочтительное влияние на изменение отражательных свойств облачного слоя планеты оказывают вариации ювимагнитной, а не ювицентрической широты Земли [26, 27]; за юпитерианский год подсолнечная точка на его магнитосфере изменяется примерно на  $26^\circ$ . Из-за значительного эксцентриситета орбиты ( $e = 0.0485$ ) при обращении Юпитера вокруг Солнца приток солнечной энергии к атмосфере в разных полушариях планеты изменяется почти на 21 % [3—5, 8, 9, 19, 24, 25]. При этом северное полушарие получает существенно больший приток солнечной энергии к атмосфере, поскольку именно оно, находясь в перигелии орбиты, наклонено к Солнцу в близкий к летнему солнцестоянию момент. Мы показали [18, 27], что отношение яркости северной и южной тропических и умеренных областей  $A_J$  является наглядным фактором фотометрической активности атмосферных процессов на Юпитере [17]. А наличие цикличности изменения  $A_J$  с периодом 11.86 лет указывает на сезонную перестройку атмосферы Юпитера. В работе представлены результаты анализа наблюдений планеты за период 1962—2015 гг., дополненные данными, полученными в 2015—2017 гг.

**Активность процессов в атмосфере.** Мы сравнили ход изменения интегральной звездной величины Юпитера  $M_J$  в визуальных лучах с вариациями активности процессов на Солнце по числам Вольфа  $W$  за полтора предыдущих столетия [23]. Было показано, что ход блеска имеет минимумы для нечетных и максимумы для четных циклов солнечной активности (СА) [18, 25—27]. В результате спектрального анализа фотометрических рядов данных [1, 19, 21, 27] мы обнаружили в вариациях видимого блеска Юпитера наличие удвоенного значения орбитального периода (23.9 г.), самого орбитального периода (11.88 г.) и периодов СА (22.1 и 11.1 г.).

Таким образом, солнечная активность глобально влияет на планету. А сезонные изменения проявляются в попеременных вариациях



Вариации: *a* — фактора  $A_j$  активности полушарий Юпитера, *б* — индекса  $R$  солнечной активности ([http://sidc.oma.be/html/sidc\\_graphics.html](http://sidc.oma.be/html/sidc_graphics.html))

оптических свойств разных полушарий планеты. Для поиска сезонных изменений мы использовали данные наблюдений из наших работ [1, 21, 26, 27], дополненные результатами обработки оцифрованных нами изображений Юпитера, полученных в 1990—2017 гг. (см. сайты <http://kardasis.weebly.com/> — Manos Kardasis; <http://obs.nineplanets.org/obs/obslist.html> — Amateur Astronomical Observatories; <http://www.acquerra.com.au/astro/gallery/jupiter/index.live> — Anthony Wesley и др.). Используя приведенную в работах [1, 26] процедуру обработки оцифрованных нами изображений на рисунке (точки) мы представили временную зависимость вычисленных коэффициентов активности полушарий Юпитера  $A_j(T)$ .

Затем ход вариаций  $A_j$  аппроксимировался с синусоидой (линия на рисунке *a*) по методу наименьших квадратов. Вычисления дали значение периода синусоиды  $11.87 \pm 0.07$  земных лет. Напомним, что моменты прохождения Юпитера через перигелий орбиты на расстоянии около 4.96 а. е. от Солнца были близкими к моментам летнего солнцестояния для северного полушария планеты в 1963.8, 1975.6, 1987.5, 1998.7, 2010.6 гг. Практически в эти же моменты времени усредненная кривая зависимости  $A_j(T)$  проходила через минимумы своих значений. В 1968—1970, 1980—1981, 1991—1994, 2003—2004 и 2014—2015 гг. Юпитер проходил через афелий своей орбиты, и светлые тропические и умеренные широтные зоны (NTrZ, NTZ) были ярче в северном полушарии по сравнению с аналогичными южными

широтами. И тогда отношение яркостей  $A_J$  было максимальным. Почти всегда в эти же годы темные тропические и умеренные пояса (NEB, NTrB) были темнее в северном полушарии, чем аналогичные пояса в южном полушарии.

Как видно из рисунка, с 1995 по 2012 гг. стало заметным нарушение периодичности в изменении отношений  $A_J$ . Особо отметим, что именно с середины 1990-х и до 2012 г., максимальным было и рассогласование между моментами прохождения Юпитера по орбите через перигелий и афелий, и моментами минимумов и максимумов солнечной активности. Но начиная с 2012 г. согласие между моментами прохождения Юпитера через избранные точки орбиты и циклами SA снова стали близкими к совпадению. То есть, в 1963—1995 гг. корреляция между изменениями фактора  $A_J$ , солнечной активностью и моментами прохождения перигелия и афелия орбиты была высокой, и изменение притока солнечной энергии к полушариям планеты из-за вытянутости орбиты и из-за вариаций солнечной активности были синхронизированными. После 1995 г. несогласованность в подводе солнечной энергии к северному и южному полушариям Юпитера из-за изменения солнечной активности и движения планеты по орбите стала существенной. При этом уменьшение общего притока солнечной энергии к зимнему северному полушарию существенным образом компенсировалось общим поступлением энергии от Солнца из-за роста солнечной активности. Вследствие этого, несмотря на удаление планеты к афелию орбиты, рост индекса солнечной активности приводил к дополнительному нагреву уже южного летнего полушария. И если приближение планеты к Солнцу в перигелии приводило к нагреву атмосферы, то тот факт, что в эти же моменты солнечная активность была минимальной, приводил к общему «охлаждающему» эффекту. Совместное воздействие на атмосферу Юпитера этих двух факторов и приводило к рассогласованию периодичности в характере изменения яркости северного и южного полушарий планеты.

**Выводы.** Выполненный нами анализ наблюдательных данных за 1962—2017 гг. говорит о сезонной перестройке в атмосфере Юпитера. Это указывает на периодическую глобальную перестройку всей структуры облачных слоев и надоблачной дымки. Анализ зависимости отражательных характеристик полушарий Юпитера по результатам наблюдений в видимом свете в 1962—1995 гг. показывает хорошо выраженное запаздывание на 5—6 лет как реакцию на изменение в пределах 21 % облучения водородно-гелиевой атмосферы [7, 9, 13] в разных полушариях при движении планеты по орбите. Происшедшее после 1995 г. рассогласование хода временной зависимости  $A_J(T)$ , индекса активности Солнца  $R(T)$  и режима облучения Юпитера Солнцем из-за его движения по орбите после 2014 г. снова становится согласованным. Это проявляется в восстановлении периодичности в изменении фотометрических характеристик северного и южного полушарий Юпитера.

1. *Видьмаченко А. П.* Периодические изменения активности процессов в атмосфере Юпитера // *Вісник астрономічної школи.*—2016.—12, N 1.—P. 27—37.
2. *Видьмаченко А. П.* Активність процесів на видимих поверхнях тіл Сонячної системи // *Вісник астрономічної школи.*—2016.—12, N 2.—P. 14—26.
3. *Витинский Ю. И., Оль А. И., Сазонов Б. И.* Солнце и атмосфера Земли. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 351 с.
4. *Мирошниченко Л. И.* Солнечная активность и Земля. — М.: Наука, 1981. — 144 с.
5. *Рубашев Б. Ш.* Проблемы солнечной активности. — М., Л.: Наука, 1964. — 563 с.
6. *Саламахина Т. И., Сорокина Л. П.* Факторы активности Юпитера в 1976—1977 гг. // *Тр. Астрофиз. ин-та АН Каз ССР.*—1979.—N 35.—С. 66—71.
7. *Сорокина Л. П.* Максимальные контрасты на диске Юпитера в 1962—1968 гг. // *Астрон. циркуляр.*—1973.—N 749.—С. 4—7.
8. *Эйгенсон М. С.* Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. — Львов. Издательство Львовского университета, 1957. — 230 с.
9. *Эйгенсон М. С., Гневъшев М. Н., Оль А. И., Рубашев Б. М.* Солнечная активность и ее земные проявления. — М., Л.: ОГИЗ, 1948. — 323 с.
10. *Gierasch P. J., Goody R. M.* Radiative time constant in the atmosphere of Jupiter // *J. Atmospheric Sci.*—1969.—**26**.—P. 979—980.
11. *Klimenko V. M., Morozhenko A. V., Vid'machenko A. P.* Phase effect for the brightness coefficient of the central disk of Saturn and features of Jupiter's disk // *Icarus.*—1980.—**42**.—P. 354—357.
12. *Kuroda T., Medvedev A. S., Hartogh P.* Parameterization of radiative heating and cooling rates in the stratosphere of Jupiter // *Icarus.*—2014.—**242**.—P. 149—157.
13. *Morozhenko A. V., Ovsak A. S., Vid'machenko A. P., Teifel V. G., Lysenko P. G.* Imaginary part of the refractive index of aerosol in latitudinal belts of Jupiter's disc // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.*—2016.—**32**, N 1.—P. 30—37.
14. *Ovsak A. S., Teifel V. G., Vid'machenko A. P., Lysenko P. G.* Zonal differences in the vertical structure of the cloud cover of Jupiter from the measurements of the methane absorption bands at 727 and 619 nm // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.*—2015.—**31**, N 3.—P. 119—130.
15. *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**.—P. 67—78.
16. *Trafton L. M., Stone P. H.* Radiative-dynamical equilibrium states for Jupiter // *Astrophys. J.*—1974.—**188**.—P. 649—656.
17. *Vid'machenko A. P., Steklov A. F., Minyailo N. F.* Seasonal activity on Jupiter? // *Sov. Astron. Lett.*—1984.—**10**.—P. 289—290.
18. *Vid'machenko A. P.* Activity of processes in the atmosphere of Jupiter // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.*—1985.—**1**, N 5.—P. 101—102.
19. *Vid'machenko A. P.* Variations in the brightness of celestial objects in astronomical observations on Mount Maidanak // *Kinematics and Phys. of Celestial Bodies.*—1994.—**10**, N 5.—P. 52—56.
20. *Vid'machenko A. P.* Temporal changes in methane absorption in Jupiter's atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies.*—1997.—**13**, N 6.—P. 21—25.
21. *Vid'machenko A. P.* Variations in reflective characteristics of Jupiter's atmosphere // *Solar System Res.*—1999.—**33**.—P. 464—469.
22. *Vid'machenko A. P.* Brightness variations on Jupiter and free oscillations in its atmosphere // *Kinematics and Phys. of Celestial Bodies.*—2002.—**18**, N 3.—P. 157—167.

23. *Vidmachenko A. P.* Influence of solar activity on the seasonal variation of methane absorption at Saturn // 17 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 20—22 2015. Zhytomyr, Ukraine. The program and abstracts.—2015.—P. 14—16.
24. *Vidmachenko A. P.* Influence of solar activity on seasonal variations of methane absorption in the atmosphere of Saturn // Kinematics and Physics of Celestial Bodies.—2015.—**31**, N 3.—P. 131—140.
25. *Vidmachenko A. P.* Influence of solar activity on the brightness factor of photometric activity of Jupiter's hemispheres // 47th Lunar and Planetary Science Conference. March 21—25 2016. Woodlands, Texas. LPI Contribution N 1903, P. 1092.
26. *Vidmachenko A. P.* Seasonal changes on Jupiter: 1. Factor activity of the hemispheres // Kinematics and Physics of Celestial Bodies.—2016.—**32**, N 4.—P. 189—195.
27. *Vidmachenko A. P.* Seasonal changes on Jupiter: 2. Influence of the planet exposure to the Sun // Kinematics and Physics of Celestial Bodies.—2016.—**32**, N 6.—P. 283—293.
28. *Wagener R., Caldwell J.* Strong north/south asymmetry in the Jovian atmosphere // Icarus.—1988.—**74**, N 1.—P. 141—152.
29. *West R. A.* Spatially resolved methane band photometry of Jupiter. I. Analysis of the South Equatorial Belt and the South Tropical Zone reflectivity // Icarus.—1979.—**38**, N 1.—P. 34—53.

Статья поступила в редакцию 15.06.2017