



ISSN 2411–6602 (Online)

ISSN 1607–2855 (Print)

Том 14 • № 2 • 2018 С. 51 – 55

<https://doi.org/10.18372/2411-6602.14.07>

УДК 523.4

Изменения фактора активности полушарий Юпитера снова периодические

А.П. Видьмаченко

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, 03143, г. Киев, ул. Академика Заболотного, 27

Эксцентриситет орбиты ($e = 0,04845$) и тот факт, что в близкий к летнему солнцестоянию для северного полушария момент Юпитер находится в перигелии, приводит к тому, что эта часть атмосферы получает на 21% больше солнечной энергии, чем южная. Изменение притока энергии Солнца за цикл солнечной активности составляет доли процента в видимом участке спектра и десятки процентов — в ультрафиолетовом диапазоне. Влияние эксцентриситета орбиты на рост притока солнечной энергии к северному полушарию приводит к увеличению температуры в глубоких слоях тропосферы с запаздыванием на 5–6 лет. А в максимуме солнечной активности значительно увеличивается поток солнечной энергии только в ультрафиолетовой области спектра. И это приводит к росту температуры преимущественно в стратосфере с запаздыванием на 1–2 года. Солнечная активность глобально влияет на всю планету, а сезонные вариации попеременно изменяют оптические свойства северного и южного полушарий планеты. Предложенное нами отношение яркости северной и южной тропических и умеренных областей является наглядным фактором фотометрической активности $A_J(T)$ процессов в атмосфере Юпитера. В 1962–1995 и 2012–2018 гг. корреляция между изменениями фактора A_J , солнечной активностью и моментами прохождения перигелия и афелия орбиты была высокая со значением коэффициента корреляции выше 0,85. Это вызвано синхронизацией изменения притока солнечной энергии к полушариям планеты из-за вытянутости орбиты и вариаций солнечной активности. В 1995–2012 гг. наблюдалось нарушение периодичности в изменении отношения A_J . С учетом реакции водородно-гелиевой атмосферы на 5–6 лет на уровне видимых облаков в тропосфере и на 1–2 года в верхней тропосфере и нижней стратосфере в эти же годы максимальным было рассогласование между моментами прохождения Юпитера по орбите через перигелий и афелий и моментами минимумов и максимумов солнечной активности. Это подтверждает существование сезонных изменений в атмосфере Юпитера с периодом $\sim 11,87$ лет.

Ключевые слова: Юпитер; атмосфера; сезоны; солнечная активность.

Мы неоднократно отмечали [18, 21] что, несмотря на небольшие вариации наклона оси вращения Юпитера к плоскости его орбиты (в пределах $\sim 3,13^\circ$), меридиональное распределение отражательных свойств облачного слоя планеты существенно изменяется со временем [2, 4–6, 9–14, 28–32]. Это может быть вызвано тем, что за юпитерианский год подсолнечная точка на его магнитосфере изменяется на угол $> 26^\circ$. Поскольку Юпитер находится в перигелии орбиты в близкий к летнему солнцестоянию момент [1, 3, 8], и при этом северное полушарие планеты наклонено к Солнцу, то именно оно получает на 21% больший приток солнечной энергии [15–17]. Наглядным фактором фотометрической активности атмосферных процессов на Юпитере [26, 31, 32] является введенное нами отношение A_J яркостей северной и южной тропических и умеренных областей [29, 30]. A_J изменяется с периодом, близким к 11,86 лет, что равно периоду обращения Юпитера вокруг Солнца. Это указывает на наличие сезонной перестройки в его атмосфере.

Выполненное нами сравнение хода изменения визуальной звездной величины Юпитера M_J с вариациями активности процессов на Солнце по числам Вольфа W за полтора предыдущих столетия [24] показало наличие минимумов для нечетных и максимумов для четных циклов солнечной активности (СА) [17, 21]. Кроме того, спектральный анализ имеющихся фотометрических рядов данных [15, 25] позволил нам обнаружить в изменении видимого блеска Юпитера еще и наличие орбитального периода (11,88 года), его удвоенного значения (23,9 года) и периодов солнечной активности в 11,1 и 22,1 года. Но если солнечная активность глобально влияет на всю планету, то сезонные вариации попеременно осуществляют вклад в изменение оптических свойств северного и южного полушарий планеты. Для анализа сезонных изменений отражательных характеристик облачного слоя Юпитера мы использовали результаты наблюдений из наших работ [22–25], дополнили их результатами обработки оцифрованных нами изображений Юпитера, которые получены в 1990–2017 гг., а также результатами обработки изображений планеты по данным работ [33–41], полученных в 2009–2018 гг. На рис. 1 (сверху, кружки) мы представили временную зависимость вычисленных коэффициентов активности полушарий Юпитера $A_J(T)$. Затем ход вариаций A_J согласовывался с синусоидой по методу наименьших квадратов. Вычисления дали значение периода синусоиды $11,87 \pm 0,07$ земных лет.

Видьмаченко Анатолий Петрович; ✉ vida@mao.kiev.ua*Вісник Астрономічної школи, 2018, том 14, № 2*

51

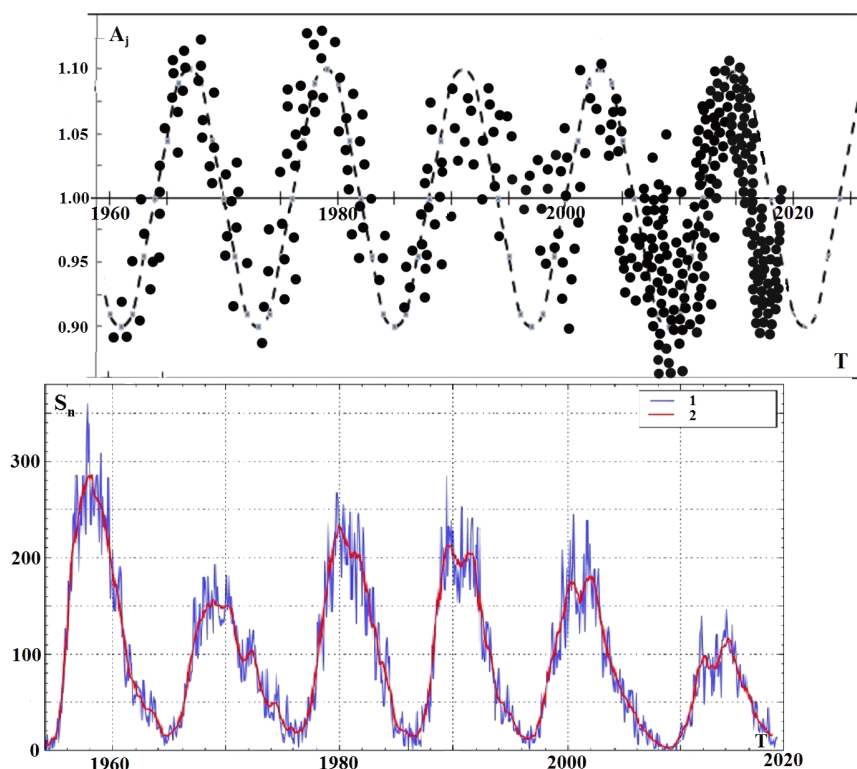


Рис. 1. Сверху — изменение фактора активности полушарий Юпитера A_J со временем T . Внизу — изменение индекса S_n солнечной активности со временем T ; 1 — сглаженные данные по 13 месяцам, 2 — ежемесячные данные [42]

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. В близкие к этим значениям 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 около афелия 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.

Из рис. 1 хорошо видно нарушение периодичности в изменении отношений A_J в период с 1995 по 2012 гг. Отметим, что именно в эти годы максимальным было и рассогласование между моментами прохождения Юпитера по орбите через перигелий и афелий и моментами минимумов и максимумов солнечной активности. Начиная с 2012 г. согласие между моментами прохождения Юпитера через отмеченные точки орбиты и циклами СА снова стали близкими к совпадению. То есть в 1962–1995 и 2012–2018 гг. корреляция между изменениями фактора A_J , солнечной активностью и моментами прохождения перигелия и афелия орбиты была высокая, превышая значение 0,85. Это произошло благодаря существенной синхронизации изменения притока солнечной энергии к полушариям планеты из-за вытянутости орбиты и из-за вариаций солнечной активности.

Как наглядно видно из рис. 2 и ряда других источников изображений [33–41], в период с января 2015 по апрель 2016 г. внешний вид светлых северной и южной тропических зон (NTrZ и STrZ), и довольно темных северной и южной экваториальных полос (NEZ и SEZ) практически не изменялись. Ширина и яркость светлой экваториальной зоны EZ оставались довольно постоянными от середины 2012 до конца 2017 г. Все эти годы эта область оставалась довольно светлой с несколькими Y-подобными мощными вихрями, распределенными по всей экваториальной зоне. В начале 2018 г. на самом экваторе появилась темная полоска, а затем с каждой декадой она все дальше распространялась от экватора.

С апреля 2016 до середины 2018 гг. северная тропическая зона и рядом расположенные области Юпитера претерпели существенных преобразований. Так, NTrZ в 2016 г. начала постепенно заполняться темным веществом, и это продолжалось почти до начала 2018 г., когда на север и юг от центра зоны над темными облачными слоями начали появляться высокие светлые облачные структуры. А посередине до этого светлой южной тропической зоны в мае 2018 г. начало появляться темное вещество в виде узкой полоски.

Напомним, что влияние эксцентриситета орбиты приводит к росту притока солнечной энергии к се-

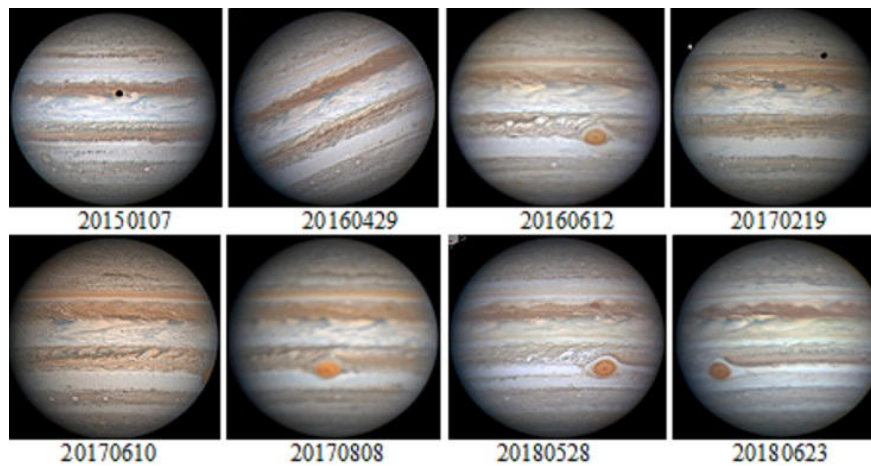


Рис. 2. Изображения Юпитера за 2015–2018 гг. [31–35].

верному полушарию, увеличивая температуру глубоких тропосферных слоев с запаздыванием на 5–6 лет [1], тогда как в максимуме солнечной активности значительно увеличивается поступление солнечной энергии только в ультрафиолетовой области спектра. И это ультрафиолетовое излучение влияет на температурные условия лишь в стратосферных слоях с запаздыванием на 1–2 года. Именно такой симбиоз влияния солнечной энергии на стратосферу и тропосферу Юпитера и привел к тому, что, начиная с 2016 г., вследствие все большего потемнения NTrZ отношение A_J становилось все меньшим.

Таким образом, выполненный нами анализ наблюдательных данных за 1962–2018 гг. подтверждает существование сезонных изменений в атмосфере Юпитера.

1. Gierasch P.J., Goody R.M. Radiative time constant in the atmosphere of Jupiter // *Journal of Atmospheric Science*. — 1969. — Vol. 26. — P.979–980.
[https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1969\)026<0979:rtcita>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1969)026<0979:rtcita>2.0.co;2)
2. 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. — Vol. 42. — P.354–357.
[https://doi.org/10.1016/0019-1035\(80\)90101-3](https://doi.org/10.1016/0019-1035(80)90101-3)
3. Kuroda T., Medvedev A.S., Hartogh P. Parameterization of radiative heating and cooling rates in the stratosphere of Jupiter // *Icarus*. — 2014. — Vol. 242. — P.149–157.
<https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.08.001>
4. 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. — Vol. 32, No. 1. — P.30–37. <https://doi.org/10.3103/s0884591316010062>
5. 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. — Vol. 31, No. 3. — P.119–130.
<https://doi.org/10.3103/s0884591315030058>
6. 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. Astrophys.* — 1985. — Vol. 148. — P.67–78.
7. Shliakhetska Ya.O., Vidmachenko A.P. Changes in the Activity of the Hemispheres of Jupiter in 2016–2017 Again Became Close to Periodic 49th Lunar and Planetary Science Conference 19–23 March, 2018, held at The Woodlands, Texas LPI Contribution No. 2083, id.1079.
8. Trafton L.M., Stone P.H. Radiative-Dynamical Equilibrium States for Jupiter // *Astrophysical Journal*. — 1974. — Vol. 188. — P.649–656. <https://doi.org/10.1086/152759>
9. Vid'machenko A.P. Brightness variations on Jupiter and free oscillations in its atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2002. — Vol. 18, No. 3. — P.157–167.
10. Vid'machenko A.P. On the activity of Jupiter's atmosphere // *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel.* — 1985. — Vol. 1, No. 5. — P.91.
11. Vid'machenko A.P. Time variations of methane absorption in the Jupiter's atmosphere // *Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel.* — 1997. — Vol. 13, No. 6. — P.26–32.
12. Vid'machenko A.P. Variations in Reflective Characteristics of Jupiter's Atmosphere // *Solar System Research*. — 1999. — Vol. 33, No. 6. — P.464–469.
13. Vid'machenko A.P. Temporal changes in methane absorption in Jupiter's atmosphere // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 1997. — Vol. 13, No. 6. — P.21–25.

14. *Vidmachenko A.P.* Activity of processes on the visible surfaces of Solar System bodies // *Astronomical School's Report*. — 2016. — Vol. 12, No. 1. — P.14–26. <https://doi.org/10.18372/2411-6602.12.1014>
15. *Vidmachenko A.P.* Brightness variations of celestial objects in astronomical observations at the Maidanok mountain // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 1994. — Vol. 10, No. 5. — P.62–68.
16. *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. — Vol. 31, No. 3. — P.131–140. <https://doi.org/10.3103/s088459131503006x>
17. *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 No. 1903. — P.1092.
18. *Vidmachenko A.P.* Influence of solar activity on the seasonal variation of methane absorption at Saturn // 17th International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*. May 20–22 2015. Zhytomyr, Ukraine. The program and abstracts. — P.14–16.
19. *Vidmachenko A.P.* Activity of processes in the atmosphere of Jupiter // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 1985. — Vol. 1, No. 5. — P.101–102.
20. *Vidmachenko A.P.* On activity of Jupiter's atmosphere // 29th Annual Lunar and Planetary Science Conference, March 16–20, 1998, Houston, TX, abstract No. 1092. — P.1–2.
21. *Vidmachenko A.P.* Periodicity in changes of Jupiter's hemispheres activity factor is continues to recover in 2018 // 20 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*. May 23–24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine. — P.93–95.
22. *Vidmachenko A.P.* Periodic changes of the activity of processes in Jupiter's atmosphere // *Astronomical School's Report*. — 2016. — Vol. 12, No. 1. — P.27–37. <https://doi.org/10.18372/2411-6602.12.1027>
23. *Vidmachenko A.P.* Seasonal changes on Jupiter. I. The factor activity of hemispheres // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2016. — Vol. 32, No. 4. — P.189–195. <https://doi.org/10.3103/s0884591316040073>
24. *Vidmachenko A.P.* Seasonal Changes on Jupiter: 2. Influence of the Planet Exposure to the Sun // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 2016. — Vol. 32, No. 4. — P.283–293. <https://doi.org/10.3103/s0884591316060076>
25. *Vidmachenko A.P.* Variations in Reflective Characteristics of Jupiter's Atmosphere // *Solar System Research*. — 1999. — Vol. 33. — P.464–469.
26. *Vidmachenko A.P.* Variations in the brightness of celestial objects in astronomical observations mount Maidanok // *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*. — 1994. — Vol. 10, No. 5. — P.52–56.
27. *Vid'machenko A.P.* Giant planets — Theoretical and observational aspects // *Astronomicheskii Vestnik*. — 1991. — Vol. 25. — P.277–292.
28. *Vidmachenko A.P., Klimenko V.M., Morozhenko A.V.* Multicolor photometry of features on the disk of Jupiter. I — Relative spectrophotometry in the 1977–1978 observing period // *Solar System Research*. — 1980. — Vol. 14, No. 2. — P.62–67.
29. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Minyailo N.F.* Seasonal activity on Jupiter // *Soviet Astronomy Letters*. — 1984. — Vol. 10. — P.289–290.
30. *Vidmachenko A.P., Steklov A.F., Minyajlo N.F.* Seasonal activity on Jupiter? // *Pis'ma v Astronomicheskii Zhurnal*. — 1984. — Vol. 10. — P.691–695.
31. *Wagener R., Caldwell J.* Strong north/south asymmetry in the Jovian atmosphere // *Icarus*. — 1988. — Vol. 74, No. 1. — P.141–152. [https://doi.org/10.1016/0019-1035\(88\)90036-x](https://doi.org/10.1016/0019-1035(88)90036-x)
32. *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. — Vol. 38, No. 1. — P.34–53. [https://doi.org/10.1016/0019-1035\(79\)90083-6](https://doi.org/10.1016/0019-1035(79)90083-6)
33. <http://kardasis.weebly.com/> — Manos Kardasis.
34. <http://obs.nineplanets.org/obs/obslist.html> — Amateur Astronomical Observatories.
35. <http://www.acquerra.com.au/astro/gallery/jupiter/index.live> — Anthony Wesley.
36. <http://www.damianpeach.com/jupiter.htm> — Damian Peach.
37. <http://jupiter.cstoneind.com/> — Christopher Go.
38. <http://www.david-tyler.com/> — David Tyler.
39. <https://www.flickr.com/photos/johnkazanas/albums/> — John Kazanas.
40. <http://trevsastronomy.webs.com/> — Trevor Barry.
41. <http://momilika.net/Index.html/> — Milika Nicholas.
42. <http://www.sidc.be/silso/monthlyssnplot>

Зміни фактора активності півкуль Юпітера знову періодичні

Відьмаченко А.П.

Головна астрономічна обсерваторія НАН України, 03143, м. Київ, вул. Академіка Заболотного, 27

Ексцентриситет орбіти ($e=0,04845$) і той факт, що в близький до літнього сонцестояння для північної півкулі момент Юпітер знаходиться в перигелії, призводить до того, що ця частина атмосфери отримує на 21% більше сонячної енергії, ніж південна. Зміна припливу енергії Сонця за цикл сонячної активності складає долі відсотка у видимій ділянці спектра і десятки відсотків — в ультрафіолетовому діапазоні. Вплив ексцентриситету орбіти на зростання припливу сонячної енергії до північної півкулі призводить до збільшення температури в глибоких шарах тропосфери із запізненням на 5–6 років. А в максимумі сонячної активності значно збільшується потік сонячної енергії тільки в ультрафіолетовій області спектра. І це призводить до зростання температури переважно в стратосфері із запізненням на 1–2 роки. Сонячна активність глобально впливає на всю планету, а сезонні варіації поперемінно змінюють оптичні властивості північної та південної півкуль планети. Запропоноване нами відношення яскравості північної і південної тропічних і помірних областей є наочним фактором фотометричної активності $A_J(T)$ процесів в атмосфері Юпітера. У 1962–1995 і 2012–2018 рр. кореляція між змінами фактора A_J , сонячною активністю і моментами проходження перигелію і афелію орбіти була високою зі значенням коефіцієнта кореляції вище 0,85. Це викликано синхронізацією зміни притоку сонячної енергії до півкуль планети внаслідок еліптичності орбіти і варіацій сонячної активності. У 1995–2012 рр. спостерігалось порушення періодичності в зміні відношення A_J . З урахуванням реакції воднево-гелієвої атмосфери на 5–6 років на рівні хмар в тропосфері і на 1–2 роки у верхній тропосфері й нижній стратосфері в ці ж роки максимальною була неузгодженість між моментами проходження Юпітера по орбіті через перигелій і афелій і моментами мінімумів і максимумів сонячної активності. Це підтверджує існування сезонних змін в атмосфері Юпітера з періодом $\sim 11,87$ років.

Ключові слова: Юпітер; атмосфера; сезони; сонячна активність.

Changes in the activity factor of Jupiter's hemispheres again are periodic

Vidmachenko A.P.

The Main astronomical observatory of the NAS of Ukraine, 03143, Academician Zabolotny str., 27, Kyiv, Ukraine

The eccentricity of the orbit ($e=0.04845$) and the fact that at the summer solstice for the northern hemisphere Jupiter is at perihelion, this part of the atmosphere receives 21% more solar energy than the southern one. The change in the solar energy influx over the solar activity cycle is a fraction of a percent in the visible portion of the spectrum, and tens of percent in the ultraviolet range. The influence of the eccentricity of the orbit on the growth of the influx of solar energy to the northern hemisphere leads to an increase in temperature in the deep layers of the troposphere with a delay of 5–6 years. And at the maximum of solar activity, the flux of solar energy increases significantly only in the ultraviolet region of the spectrum. And this leads to an increase in temperature mainly in the stratosphere with a lag of 1–2 years. Solar activity globally affects the entire planet, and seasonal variations alternately change the optical properties of the northern and southern hemispheres of the planet. Proposed by us the brightness ratio of the northern and southern tropical and temperate regions is a good factor in the photometric activity of the $A_J(T)$ processes in the Jovian atmosphere. In 1962–1995 and 2012–2018 correlation between changes in factor A_J , solar activity and the moments of passage of perihelion and aphelion of the orbit — was high with a correlation coefficient above 0.85. This is due to the synchronization of the change in the influx of solar energy into the hemispheres of the planet due to eccentricity of the orbit and changes in solar activity. In 1995–2012 a violation of periodicity in changes of the ratio A_J was observed. Taking into account the reaction of the hydrogen-helium atmosphere on 5–6 years at the level of visible clouds in the troposphere, and on 1–2 years in the upper troposphere and the lower stratosphere, — in the same years was the maximal discrepancy between the time of passage of Jupiter at orbit through perihelion and aphelion, and by moments of minima and maxima of solar activity. This confirms the existence of seasonal changes in the atmosphere of Jupiter with a period of ~ 11.87 years.

Keywords: Jupiter; atmosphere; seasonal variations; solar activity.

Надійшла до редакції / Received 8.09.2018

Виправлена авторами / Revised 25.09.2018

Прийнята до друку / Accepted 3.10.2018