

YUPİTERİN DİSKİNDƏ BÖYÜK QIRMIZI LƏKƏNİN ƏTRAF MÜHİTLƏ QARŞILIQLI DİNAMİKASI

Ə.Ə. HÜMBƏTOVA

Şamaxı Astrofizika Rəsədxanası

AZ-5626, Azərbaycan Respublikası, Şamaxı rayonu, Y.Məmmədaliyev qəsəbəsi

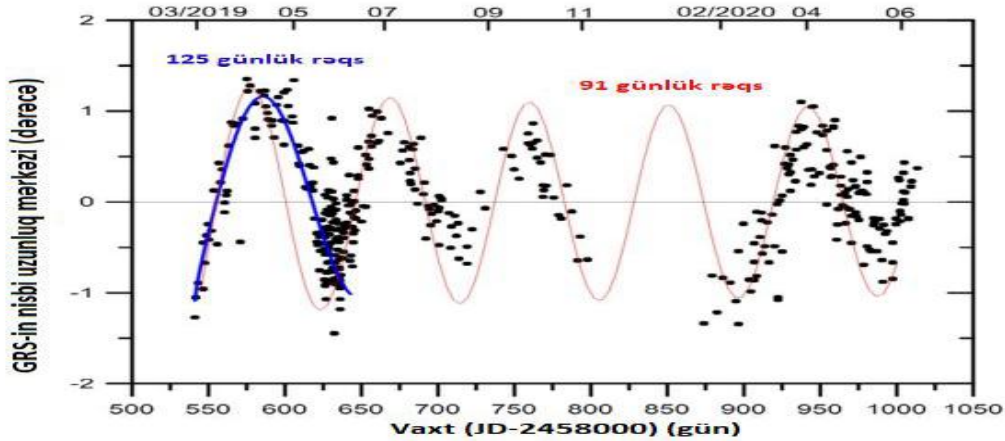
e-mail emineenver2@gmail.com

Nəhəng planetlərin ən nəhəngi olan Yupiter planetinin atmosferində Böyük Qırmızı Ləkə adlanan bir detal 350 ildən çoxdur ki, müşahidə olunur. Planetin cənub tropik zonasında ($\varphi = -22.5^\circ$ enliyində) yerləşən bu oval şəkilli atmosfer törəməsi öz ölçülərini və parlaqlığını zaman keçdikcə dəyişir. Böyük Qırmızı Ləkə parlaqlığını dəyişməklə bərabər onun həndəsi ölçüləri də dəyişir; Ləkənin eni 14 min km, uzunluğu isə bir əsr ərzində 30 min km-dən 40 min km-ə qədər dəyişmişdir. Buradan aydın olur ki, Yupiterdəki Böyük Qırmızı Ləkədə üç Yer ölçülü kürə yerləşdirmək olar.

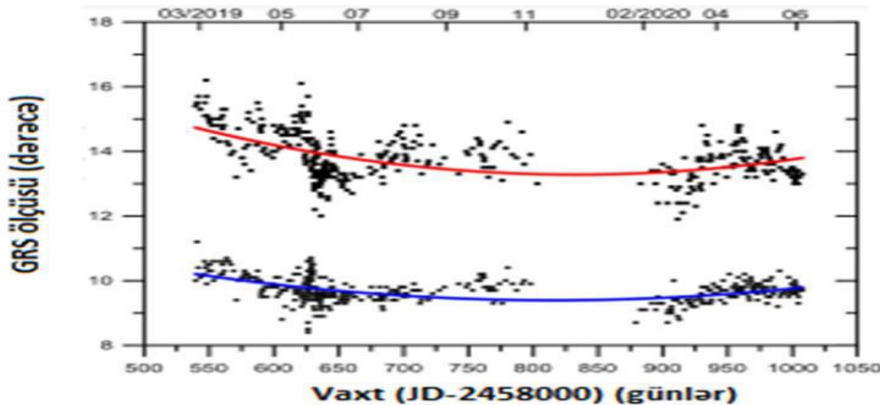
Açar sözlər : Yupiter, Böyük Qırmızı Ləkə, AB Ağ ləkə, dinamika.

Qırmızı ovalın mərkəzi 2019-cu il ərzində III Sistemdə $0,33$ dərəcə/gün uzunluq üzrə orta sürüşmə ilə, $u = -4,5 \pm 0,2 \text{ ms}^{-1}$ zona sürətinə ekvivalent, enlik üzrə heç bir dəyişiklik olmadan hərəkət etdi. Bununla belə, uzunluqda məşhur 91 günlük dövrlə müntəzəm rəqs davam etdi, lakin 620-640 günlər ərzində bu rəqs 125 günə qədər artdı (2019-cu ilin may ayının ortalarından iyunun əvvəlinə qədər). [3, 4] Həmçinin bu rəqslərdə uzun müddət heç bir faza sürüşməsi göstərilməyə

də amplituda A 1° -dən 1.2° -ə qədər dəyişdi (şəkil). Bu hadisəyə ən inandırıcı izahat, AB qarşılıqlı təsirlərinin 91 günlük dövrlə rəqs üçün olan fazanı müvəqqəti olaraq dəyişdirməsidir. Lakin bu zaman maksimum sürət qorunub saxlanıldı $v_{max} = A\omega 0.9 \text{ ms}^{-1}$ (A 1° -dən 1.2° -ə qədər, tezlik $\omega = 2\pi/\tau$ və τ rəqs dövrü intensiv qarşılıqlı təsirlər zamanı 91-dan 125 günə qədər dəyişir).



Şəkil 1. BQL mərkəzinin orta uzunluğundakı rəqslər onun orta sürüşməsinə görə dəyişir həmçinin, həmin rəqslər müxtəlif dövr və amplitudalı sinusoidal funksiya uyğun gəlir. Aşağıdakı x oxu vaxtı Julian tarixini göstərir. Yuxarıda müvafiq ay və il göstərilir.



Şəkil 2. Müşahidə dövründə BQL qırmızı oval sahəsinin zona uzunluğu (əsas ox) və meridional eni (kiçik ox).

YUPİTERİN DİSKİNDƏ BÖYÜK QIRMIZI LƏKƏNİN ƏTRAF MÜHİTLƏ QARSILIQLI DİNAMİKASI

Qırmızı ovalın forması və ölçüsü qarşılıqlı əlaqə zamanı nəzərə çarpacaq dərəcədə dəyişikliklərə məruz qalmışdır. Şərq-qərb uzunluğu, 2019-cu ilin mart ayının əvvəlində 15,5°-dən (18,040 km) 2020-ci ilin mayında 13,7°-yə qədər (15,950 km) azalıb. Böyük rəqslər zona uzunluğunun minimum 13°-yə (15,130 km) çatması və intensiv lopa əmələ gəlməsi dövründə baş verib. Sürətləri müəyyən etmək üçün 2019-cu ilin aprel-iyun və 2020-ci ilin aprel aylarında baş verən Yürüstü alınan şəkillərin köməyiylə ~1-3 gün fasilələrlə qırmızı

ovalın daxilində kəskin seçilən xüsusiyyətlərin hərəkətləri izlənmişdir.

Ölçülərin qeydiyyatında tipik səhvlər şəklən keyfiyyətindən asılı olaraq $\pm 0,5^\circ$ ilə $\pm 1^\circ$ arasında dəyişir. Qırmızı və mavi əyriyə ikinci dərəcəli polinom, və ya çoxhədli uyğunluqları göstərir. [6, 7] 2009-2020-ci illər ərzində aparılan müşahidələrin nəticəsi, Yupiterin diskindəki Böyük Qırmızı Ləkənin ölçülərinin azalmasının davam etdiyini göstərdi. Ölçülərin azalmasını aşağıdakı cədvəl 1-də aydın şəkildə görürük.

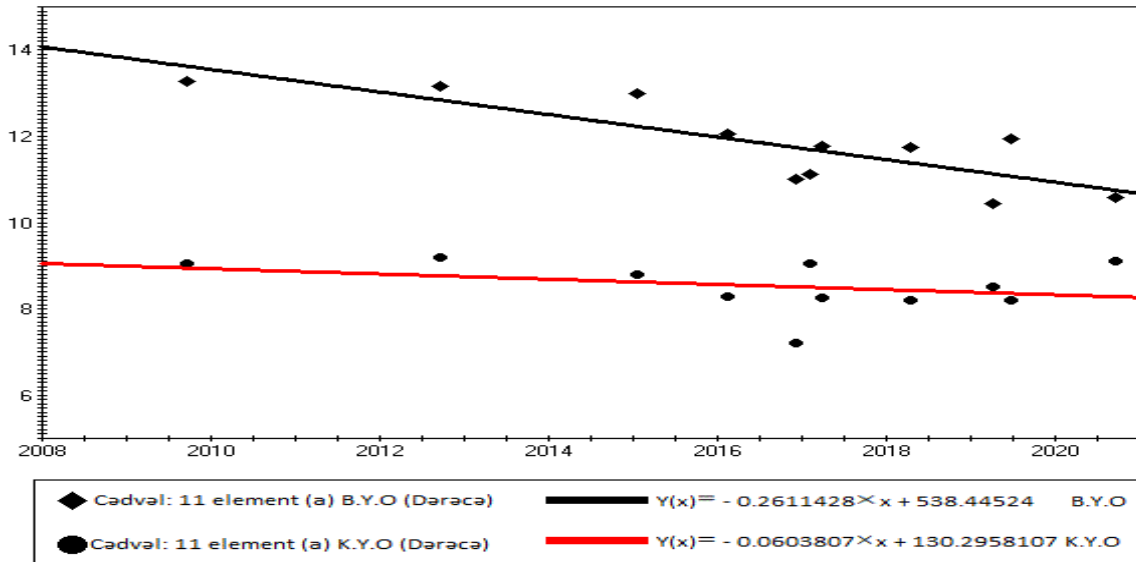
Cədvəl 1.

Böyük Qırmızı Ləkə ətrafındakı yüksək sürətli halqaya aid sürət sahəsinin parametrləri

UT tarixi (seriyanın orta nöqtəsi)	Kəsrlil il	Əsas en(dərəcə)	Əsas en (10 ³ km)	Kiçik en (dərəcə)	Kiçik en (103 km)	Aspekt nisbəti	Orta sürət (V elips (ms ⁻¹))	Orta sürət (V dairə (ms ⁻¹))
2009-09-22 16:37	2009.72	13.27±0.48	15.59±0.56	9.05±0.48	11.21±0.60	1.39±0.09	92±14	103±12
2012-09-20 15:42	2012.72	13.17±0.66	15.44±0.77	9.20±0.74	11.40±0.91	1.35±0.13	89±24	102±17
2015-01-19 13:53	2015.05	12.99±0.92	15.23±1.08	8.80±0.86	10.90±1.07	1.40±0.17	84±19	97±17
2016-02-09 16:03	2016.11	12.05±0.76	14.17±0.89	8.30±0.72	10.28±0.89	1.38±0.15	92±13	102±11
2016-12-11 19:42	2016.94	11.11±0.82	13.11±0.97	7.20±0.49	8.93±0.61	1.47±0.15	95±18	100±14
2017-02-01 22:50	2017.09	11.12±0.84	13.02±0.99	9.05±0.76	11.21±0.94	1.16±0.13	97±17	107±16
2017-04-03 08:08	2017.25	11.77±0.70	13.88±0.83	8.25±0.50	10.23±0.62	1.36±0.12	97±13	105±8
2018-04-17 07:49	2018.29	11.74±0.51	13.82±0.59	8.20±0.43	10.16±0.54	1.36±0.09	95±17	105±15
2019-04-09 18:44	2019.27	10.43±0.66	12.21±0.78	8.50±0.71	10.52±0.88	1.16±0.12	100±12	108±11
2019-06-26 12:46	2019.48	11.93±1.02	13.96±1.19	8.20±0.81	10.15±1.01	1.37±0.18	96±17	107±11
2020-09-20 08:15	2020.72	10.59±0.49	12.41±0.57	9.10±0.67	11.27±0.83	1.10±0.10	99±12	106±9

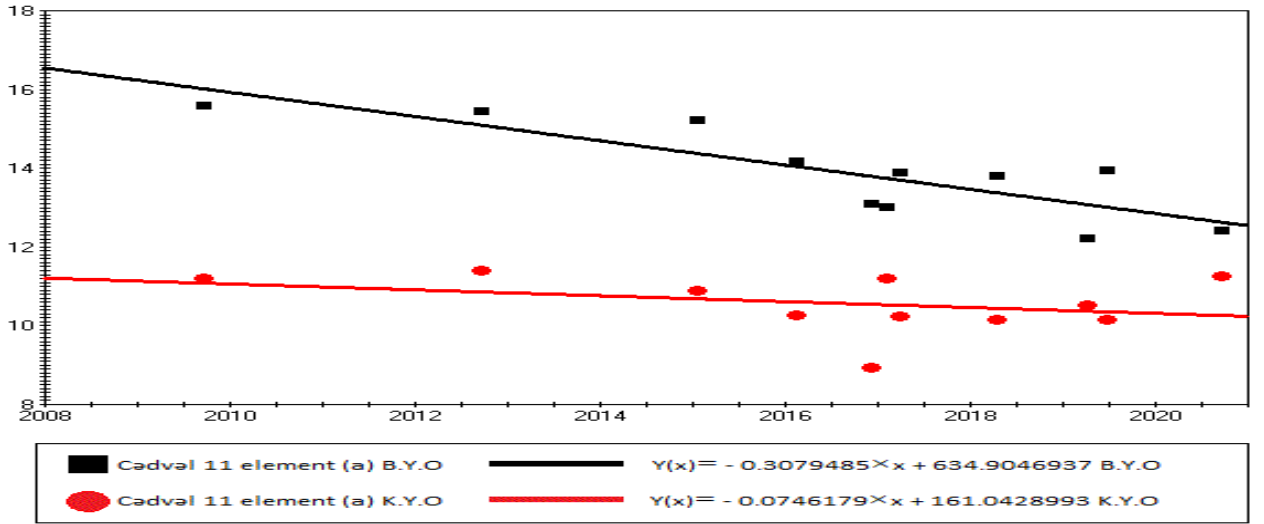
Bu nəticədən istifadə edərək aşağıxətti qrafikləri qura bildik (şəkil 1 və şəkil 2). Qrafikdə asılılığın xətti olduğunu görür və Yupiterin Böyük Qırmızı Ləkəsinin bundan sonra daha nə qədər yaşaya biləcəyini tap

bilirik (gözlənilməz hadisələr yaşanmadığı və hadisələrin bu istiqamətdə inkişaf etdiyi nəzərə alaraq). Böyük Qırmızı Ləkənin böyük və kiçik yarımoxlarının qiyməti hələlik azalır və belə getsə, BQL-nin yoxa çıxması söylənilə bilər.



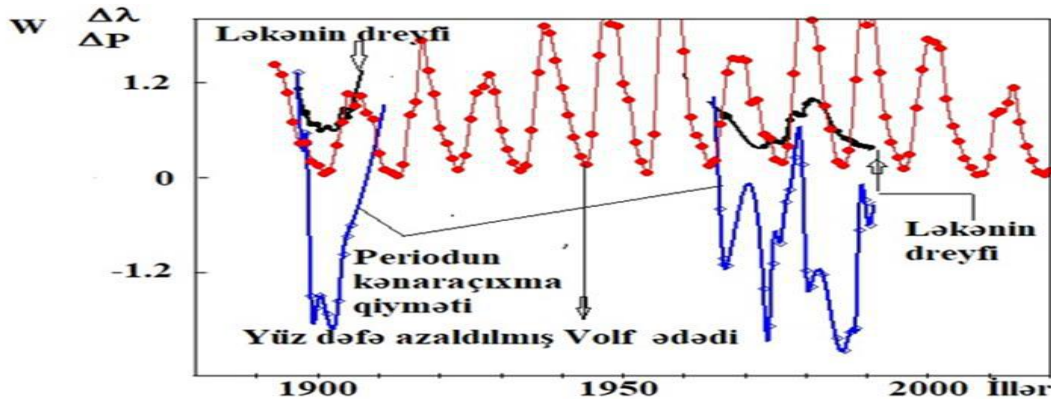
Şəkil 3. Yupiter diskinin (dərəcə) ölçülərinin azalma qrafiki

1. $Y(x) = -0.2611428 \times x + 538.44524$
 $-0.2611428 \times x = -538.44524$
 $x = 2601.88$
2. $Y(x) = -0.0603807 \times x + 130.2958107$
 $-0.0603807 \times x = -130.2958107$
 $x = 2157.904 \approx 2160$ il



Şəkil 4. Yupiter diskinin ölçülərinin (10^3 km) azalma qrafiki

1. $Y(x) = -0.3079485 \times x + 634.9246937$
 $-0.3079485 \times x = -634.9246937$
 $x = 2061.788 \approx 2060 \text{ il}$
2. $Y(x) = -0.0746179 \times x + 161.0428993$
 $-0.0746179 \times x = -161.0428993$
 $x = 2158.234 \approx 2160 \text{ il}$



Şəkil 5. 91 günlük dövrdən kənaraxıma, ləkənin dreyfi və Günəş fəallığının zamandan asılılıq qrafiki. Ləkənin dreyfi qara, Günəş fəallığının müəyyən edicisi kimi Volf ədədinin qiymət(mötərizədə 100 dəfə azdır) qırmızı və 91 günlük perioddan kənaraxıma isə göy rəngdə xətlə göstərilmişdir. Absis oxunda isə illər göstərilmişdir.

BQL-in dərəcə ölçüsünün azalmasına görə bu ləkənin yoxa çıxması və yaxud görünməz olması üçün təqribən 2160 il olması alındı. Planetin diskindəki bu böyük atmosfer törəməsinin km-lə verilmiş qiyməti də həmin nəticəni verdi: $\approx 2160 \text{ il}$.

Böyük Qırmızı Ləkə Günəş sistemində ən böyük bir burulğandır. Belə fırtınaların Günəş sisteminin digər cisimlərində müxtəlif gücdə olur: Mars fırtınası, Neptunda sürəti 1200km/saat sürətinə çatan küləklər, Saturnda bütün planeti əhatə edən geniş miqyaslı fırtına, Yer in atmosferində baş verən qasırğa və tornadolar bu qəbildəndir. Lakin vacib məsələ Yer in atmosferində baş baş verən bu qasırğa və tornadolar Yer in səthidə güclü dağıntılar yaradır və canlıların planetimizdə yaşamasını çətinləşdirir. Məhz bu səbəbdən də planetlərin atmosferində əmələ gələn müxtəlif dinamik məsələləri araşdırıb, onların yaranması momentində sıradan çıxarılması ilə bağlı suallara cavab axtar-

malıyıq. Ancaq belə hadisələrin yaranacağını əvvəlcədən bilmək zəruridir. Təhlil edilən müşahidələrin sayı çox az olmamalı, seçmə intervalları çox da qısa olmamalıdır. Müşahidələr göstərir ki, BQL ekvatorial oblasta paralel olaraq, geriye sürüşür və 30 ildə bir dövr edir. Yəni, ildə 12° geriye sürüşür. Bununla bərabər BQL öz xəyalən şaquli oxu ətrafında 4.5-6 sutka ərzində bir dövr edir. Yəni də sual meydana çıxır: BQL-in fırlanma oxu ətrafında dövr periodunun belə dəyişməsi, şəkildəyişmələri hələlik cavabsızdır.

Əsas nəticə olaraq 91 gün müddətində dövr bütün hesablamalarda baş verir. Əsrin əvvəlinə yaxın 116 günlük dövrlük 11 hesablamadan yalnız dördündə 90 gündükdən yüksək olmuşdur.

Şəkildən görüldüyü kimi, 1900-cu illər ətrafında hər üç qrafikin minimumu üst-üstə düşür, sonrakı halda az da olsa sürüşmə hiss olunur. Bu hadisə iki faktla əlaqədar ola bilər:

1. Günəşin fəallıq dərəcəsinin dəyişməsi ;

2. Planetin daxili enerji mənbəyinin dəyişməsi.

Bu və digər sualların ortaya çıxması müşahidə faktlarının az olması ilə bağlıdır. Amma qeyd etmək zəruridir ki, Yupiterdə və Böyük Qırmızı Ləkədə bütün şəkildəyişmələr onun sistemində baş verən hadisələrlə əlaqədardır.

NƏTİCƏ

Müəyyənləşdirildi ki, Yupiterin diskindəki Qırmızı Ləkə daimi dreyf hərəkəti edir və onu heç bir müntəzəm fırlanma sistemi ilə bağlamaq mümkün deyil: Ləkə planetin “ dərin qatında yox, atmosfer törəməsidir ” və səthi ilə əlaqədar deyil. BQL-in ölçüsü on doqquzuncu əsrin sonlarından bəri yavaş-yavaş kiçilir və 2019-cu ildə (antisiklon burulğan) AB-lərlə qarşılıqlı əlaqə nəticəsində gözlə görünən qırmızı ovalı indiyə qədər qeydə alınan ən kiçik ölçüyə enib. Bununla belə o, maksimal sürətlərini artırır, lakin burulğanını qoruyub saxlayır (yer əsaslı ölçmələrin dəqiqliyi daxilində). Alovlanma hadisələri çox güman ki, səthi olub, BQL-in tam dərinliyinə təsir göstərmir. Həqiqətən, 2019-cu ilin oktyabrına qədər görünən qırmızı oval demək olar ki, əvvəlki ölçüsünə qayıtdı .

2018-2020-ci illərdə Yupiterin BQL-i kiçik AB seriyaları ilə güclü qarşılıqlı əlaqədə olmuşdur. Burada baş verən hadisə isə üç səbəbə görə xüsusilə maraqlı idi. Birincisi, o dövrdə BQL(GRS) öz tarixində ən kiçik ölçüyə malik olmuşdu. İkincisi, burulğanlar orta ölçülü olub, BQL sahəsinin ~2,5%-5%-ni təşkil edirdi və həmçinin onlar çoxlu sayda olub, bir-birinin ardınca BQL ilə toqquşdular. Üçüncüsü isə, bu qarşılaşmalar əvvəllər nadir hallarda qeydə alınan güclü qarşılıqlı təsirlərə səbəb oldu. Onlar, qırmızı sahədən böyük parçalar ("lopa" adlanır) qopardılar və nəticədə BQL-nin qırmızı oval sahəsi əhəmiyyətli dərəcədə pozuldu. Əslində, kiçik oval törəmələr BQL-i enerji ilə qismən

qidalandıran mənbə də ola bilər. Nəticədə bu hadisə aşağıdakılara səbəb oldu:

- BQL maksimum tangensial sürətini 150 ms^{-1} -ə qədər artırdı.
- BQL girdabı (burulğanın səthi) dəyişmədi.
- AB-lər BQL-dən böyük parçalar qopardıqda və onun formasını pozduqda görünən qırmızı sahə azaldı.
- BQL-nin uzunluq üzrə sabit 91 günlük rəqsi hərəkəti dəyişən dövrülüyə məruz qaldı, dövrünü və amplitudasını artırdı.
- Yupiterdə və Böyük Qırmızı Ləkədə bütün şəkildəyişmələr onun sistemində baş verən hadisələrlə - planetin daxili enerjisin miqdarı ilə əlaqədardır.

Vizual və yaxın infraqırmızı dalğa uzunluqlarında BQL əks etdiriciliyinin radiasiya ötürülməsi təhlilindən biz göstərdik ki, qarşılıqlı təsirlər BQL-in yuxarı bulud zirvələrinə təsir edib. Dayaz su modeli və ümumi dövriyyə modelindən istifadə etməklə də bu qarşılıqlı təsirlərin dinamikasını, kəmiyyətə qiymətləndirməklə (ədədi) təsdiqləmək mümkündür.

BQL-in ölçüsü on doqquzuncu əsrin sonlarından bəri yavaş-yavaş kiçilir və 2019-cu ildə AB-lərlə qarşılıqlı əlaqə nəticəsində gözlə görünən qırmızı ovalı indiyə qədər qeydə alınan ən kiçik ölçüyə enib. Bununla belə o, maksimal sürətlərini artırır, lakin burulğanını qoruyub saxlayır (yer əsaslı ölçmələrin dəqiqliyi daxilində). Alovlanma hadisələri çox güman ki, səthi olub, BQL-in tam dərinliyinə təsir göstərmir. Həqiqətən, 2019-cu ilin oktyabrına qədər görünən qırmızı oval demək olar ki, əvvəlki ölçüsünə qayıtdı .

Təhlillər təsdiqləyir ki, AB-lərin qəbulu mütləq dağdıcı deyil. O, BQL küləyinin sürətini artırma bilər və bəlkə də daha uzun müddət ərzində onu sabit vəziyyətdə saxlaya bilər. BQL-in intensiv burulğanın daha böyük ölçüsü və dərinliyi qarşılıqlı təsir edən burulğanlarla müqayisədə, onun uzun ömrünə zəmanət verir.

-
- [1] P.V. Sada, R.F Beebe., B.J. Conrath., Comparison of the Structure and Dynamics of Jupiter's <https://doi.org/10.1006/icar.1996.0022>
- [2] J. Rogers. The Giant Planet Jupiter. //Cambridge University Press. 1995.
- [3] C. Foster, J. H Rogers, S.Mizumoto , A. Casely & M.Vedovato. 2020, Jupiter in 2019 Report no.10: The BQL in 2019 and its interaction with retrograding vortices as monitored by the amateur planetary imaging community. British Astronomical Association. Retrieved from <https://britastro.org/node/22552>
- [4] H. G. Solberg. 1969, A 3-month oscillation in the longitude of Jupiter's Red Spot. Planetary and Space Science, 17, 1573–1580. [https://doi.org/10.1016/0032-0633\(69\)90146-9](https://doi.org/10.1016/0032-0633(69)90146-9)
- [5] J. M. Trigo-Rodríguez, A.Sánchez-Lavega, J. M. Gómez, J.Lecacheux, F. Colas & I.Miyazaki. 2000, The 90-day oscillations of Jupiter's Great Red Spot revisited. Planetary and Space Science, 48, 331–339. [https://doi.org/10.1016/S0032-0633\(00\)00002-7](https://doi.org/10.1016/S0032-0633(00)00002-7)
- [6] A.Sánchez-Lavega, R. Hueso, G. Eichstädt, G. Orton, J.Rogers, C J. Hansen, et al. 2018, The rich dynamics of Jupiter's Great Red Spot from JunoCam – Juno images. The Astronomical Journal, 156 (9pp), 162. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/aada81>
- [7] A. A.Simon, F. Tabataba-Vakili, R.Cosentino, R. F.Beebe, M. H. Wong, & G. S. Orton. 2018, Historical and Contemporary Trends in the Size, Drift, and Color of Jupiter's Great Red Spot. The Astronomical Journal, 155(4), 13. <https://doi.org/10.3847/1538-3881/aaae01>
- [8] De Pater I, M .H Wong, A. A. Simon, & P. S. Marcus. 2019, Jupiter's Great red spot is not disintegrating by flaking apart. San Francisco. American Geophysical Union Fall Meeting. Poster P13B-3502.
- [9] E.García-Melendo & A.Sánchez-Lavega. 2017, Shallow Water simulations of Saturn's Giant Storms at different latitudes. Icarus, 286, 241-260. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2016.10.006>.
- [10] T.E Dowling, A.S. Fisher, P.J Gierasch, J.Harrington, R.P. LeBeau, & C.M Santori. 1998,

- The explicit planetary isentropic-coordinate (EPIC) atmospheric model. *Icarus*, 132, 221–238. <https://doi.org/10.1006/icar.1998.5917>
- [11] A. Sánchez-Lavega, E. García-Melendo, J. Legarreta, R. Hueso, T. del Río-Gaztelurrutia et al. 2020, A complex storm system and a planetary-scale disturbance in Saturn's north polar atmosphere in 2018. *Nature Astronomy*, 4, 180–187. <https://doi.org/10.1038/s41550-019-0914-9>
- [12] A. Sánchez-Lavega. 2011, An introduction to planetary atmospheres. Florida. Taylor-Francis, CRC Press, p. 629.
- [13] J. L. Mitchell, R. F. Beebe, A. P. Ingersoll, & G. W. Garneau. 1981, Flow fields within Jupiter's great red spot and white oval BC. *Journal of Geophysical Research*, 86, 8751–8757. <https://doi.org/10.1029/JA086iA10p08751>
- [14] Evolution of the Horizontal Winds in Jupiter's Great Red Spot From One Jovian Year of HST/WFC3 Maps <https://doi.org/10.1029/2021GL093982>
- [15] The 90-day oscillation of the jovian Great Red Spot, *Journal of the British Astronomical Association*, vol.106, no.1, p.40-43. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1996JBAA..106...40H>

A.A. Humbatova

THE GREAT RED SPOT ON JUPITER'S DISK DYNAMICS WITH THE ENVIRONMENT

A detail called the Great Red Spot has been observed in the atmosphere of Jupiter, for more than 350 years. Located in the southern tropical zone ($\varphi=2.5$ latitude) of the planet, this oval-shaped atmospheric derivative changes its size and brightness over time. The shape and size of the red oval underwent noticeable changes during the interaction. The width of the spot is 14,000 km, and its length has changed from 30,000 km to 40,000 km over a century. The Great Red Spot on Jupiter could accommodate three Earth-sized spheres.

A.A. Гумбатова

ДИНАМИКА БОЛЬШОГО КРАСНОГО ПЯТНА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ НА ДИСКЕ ЮПИТЕРА

Деталь под названием Большое Красное Пятно наблюдается в атмосфере крупнейшей из планет-гигантов Юпитера, уже более 350 лет. Эта атмосферная производная овальной формы расположена в южной тропической зоне ($\varphi=2.5$ широта) планеты, со временем меняет свой размер и яркость. По мере изменения яркости Большое Красное Пятно меняется и его геометрические размеры; ширина пятна составляет 14 000 км, а его длина за столетие изменилась от 30 000 км до 40 000 км. Отсюда ясно, что в Большом Красном Пятне на Юпитере могли бы поместиться три сферы размером с Землю.