

5. Козак П. М., Рожило О. О., Тарануха Ю. Г. Кінематичні параметри метеорів за результатами базисних телевізійних спостережень в період осіннього рівнодення 2001 року // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Астрономія. – Вип. 49. – 2012. – С. 19-24.
6. Sepleha Z., Borovicka J., Elford W.G., Revelle D., Hawkes R., Porubcan V., Simek M. Meteor phenomena and bodies // Space Science Reviews. – No 84. – 1998. – P. 327-471.
7. Hawkes, R. L., Mason, K. I., Fleming, D. E. B., and Stultz, C. T.: in D. Ocas and P. Zimnikoval (eds.), 'Analysis Procedures for Two Station Television Meteors', Proceedings International Meteor Conference 1992, IMO Publication, Antwerp. – 1993. – P. 28–43.
8. Kozak P., Rozhilo O., Kruchynenko V., Kazantsev A., Taranukha A. Results of processing of Leonids-2002 meteor storm TV observations in Kyiv. – Advances in Space Research. – Vol. 39, Iss. 4. – 2007. – P. 619-623.
9. Kozak P. "Falling Star": Software for Processing of Double-Station TV Meteor Observations. – Earth, Moon, and Planets. – Vol. 102, N 1-4. – 2008. – P. 277-283.

Надійшла до редколегії 17.06.14

П. Козак, канд. физ.-мат. наук, старш. науч. сотр.  
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СКОРОСТИ МЕТЕОРА ИЗ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

*Применен метод Монте-Карло в кинематической обработке результатов двусторонних телевизионных наблюдений метеоров. С помощью обработки непосредственно статистических распределений кинематических параметров метеора предложена идея поднять точность вычисления важнейшего для расчета метеорной орбиты параметра – видимой скорости метеора. Расчет скорости метеора находится как сечение статистических распределений скоростей, рассчитанных независимо по обоим пунктам наблюдений.*

*Ключевые слова: метод Монте-Карло, метеор.*

P. Kozak, Ph.D., Senior Scientific Researcher  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

### MONTE-CARLO METHOD APPLICATION FOR PRECISING METEOR VELOCITY FROM TV OBSERVATIONS

*Monte-Carlo method (method of statistical trials) as an application for meteor observations processing was developed in author's Ph.D. thesis in 2005 and first used in his works in 2008. The idea of using the method consists in that if we generate random values of input data – equatorial coordinates of the meteor head in a sequence of TV frames – in accordance with their statistical distributions we get a possibility to plot the probability density distributions for all its kinematical parameters, and to obtain their mean values and dispersions. At that the theoretical possibility appears to precise the most important parameter – geocentric velocity of a meteor – which has the highest influence onto precision of meteor heliocentric orbit elements calculation. In classical approach the velocity vector was calculated in two stages: first we calculate the vector direction as a vector multiplication of vectors of poles of meteor trajectory big circles, calculated from two observational points. Then we calculated the absolute value of velocity independently from each observational point selecting any of them from some reasons as a final parameter. In the given method we propose to obtain a statistical distribution of velocity absolute value as an intersection of two distributions corresponding to velocity values obtained from different points. We suppose that such an approach has to substantially increase the precision of meteor velocity calculation and remove any subjective inaccuracies.*

*Keywords: Monte-Carlo method, meteor.*

УДК 523.64

І. Лук'яник, канд. фіз.-мат. наук  
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

### АКТИВНІСТЬ КОМЕТИ C/2009 P1 (GARRADD)

*В роботі проводиться дослідження кривої блиску комети C/2009 P1 (Garradd). Використано 9099 спостережень комети протягом періоду з 27.09.2008 по 26.02.2014. Обраховано фотометричні параметри. Досліджується зв'язок з сонячною активністю. Зроблено висновки щодо джерел газоутворення поблизу перигелію в цій кометі.*

*Ключові слова: комети, крива блиску, C/2009 P1 (Garradd), сонячна активність.*

Г. Дж. Гаррад (обсерваторія Сайдинг-Спрінг, Австралія) виявив цю комету на чотирьох зображеннях, отриманих в період з 13.77 серпня по 13.81 серпня 2009 р. Він використовував 0,5-м Упсала Шмідт телескоп з ПЗЗ-камерою. Її яскравість була оцінена як 17.5-17.7 з.в. Кома була круговою, розміром 15" в поперечнику. Перше підтвердження було отримано В. Робледо (обсерваторія El Condor, Кордоба) 14.17 серпня 209 р. Перша орбіта була розрахована Б. Г. Марсденом 15 серпня 2009. Це була гіперболічна орбіта. Відстань перигелію становила 1.25 а.о., який комета мала пройти 23.67 грудня 2011 р. Отже, комета C/2009 P1 (Garradd) є динамічно молододою кометою. Вона не була яскравою, але добре спостерігалася починаючи з геліоцентричної відстані 3.5 а.о. до перигелію і до 4.5 а.о. після. Розвиток її активності спостерігався багатьма різними обсерваторіями та інструментами, як на землі так і в космосі (Deer Impact, SWIFT, SOHO-SWAN, VLT-UVES, IRTF і багато інших). Комету C/2009 P1 (Garradd) можна вважати першою кометою, для якої темпи виробництва всіх трьох основних летючих (H<sub>2</sub>O, CO, і CO<sub>2</sub>) були виміряні протягом значної частини шляху її проходження через внутрішню частину Сонячної системи. Ці спостереження дають неоціненний ключ до розуміння газоутворення та газопродуктивності. На відстані 3.5 а.о. комета C/2009 P1 мала найвище співвідношення пилу до газу з тих, які коли-небудь спостерігалися. Це значення може зрівнятися лише з відповідним значенням у кометі Хейла-Боппа. Порівняння вимірювань та спостережень показали, що в діапазоні від 3 а.о. до 2 а.о. досить значне протяжне джерело в комі почало продукувати воду [3,4,5]. Цим джерелом, ймовірно, є крижані зерна [2]. Інші летючі, які спостерігались в комі, вказують на досить складний механізм газоутворення. Газопродуктивність комети комета C/2009 P1 (Garradd) була складною і істотно змінювалася протягом всього часу спостережень. Відтак важливим є детальне вивчення кривої блиску комети C/2009 P1 (Garradd).

Загалом в роботі використано 9099 спостережень комети протягом періоду з 27.09.2008 по 26.02.2014. На рис. 1 наведено криву блиску комети C/2009 P1 (Garradd) в координатах час-зоряна величина. На рис.2 наведені криві блиску в координатах (lg r, m<sub>Δ</sub>) до перигелію (a) та після (b), а також апроксимуючі криві розраховані за формулою

Орлова. Спостереження, які були отримані протягом однієї доби, усереднювалися. Відтак, фотометричні параметри кривої блиску комети розраховувалися методом найменших квадратів у відповідності до формули Орлова. Отримані наступні значення: до перигелію  $H_0$  становить  $7.32 \pm 0.25$ , а  $n$  – відповідно  $5.43 \pm 0.42$ ; після перигелію  $H_0$  становить  $6.29 \pm 0.49$ , а  $n$  – відповідно  $9.02 \pm 0.98$ .

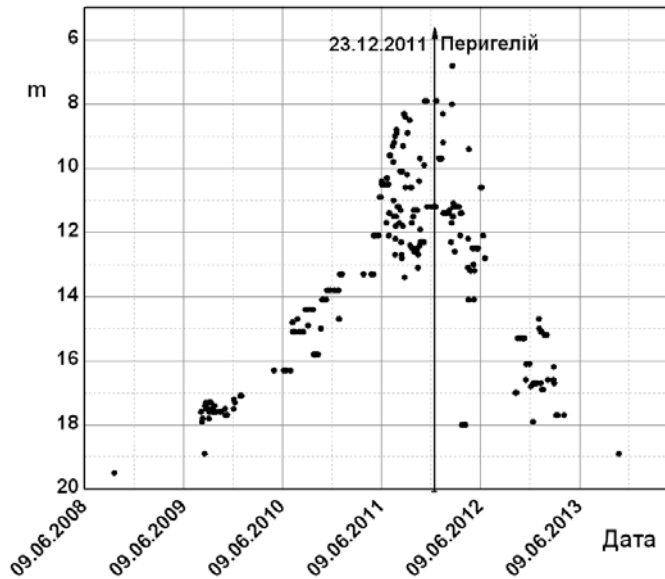


Рис. 1. Крива блиску комети C/2009 P1 (Garradd)

З кривих рис.1 та 2 можна бачити, що поблизу перигелію активність комети зростає: блиск комети зазнає суттєвих коливань. Очевидно, що в цей час в кометі починають діяти механізми, які спричиняють посилене газовиділення. Різде послаблення блиску після зростання вказує на вичерпність джерел газовиділення. Отже, аналіз кривої блиску поблизу перигелію свідчить про те, що, дійсно, поблизу перигелію можливим механізмом підсилення газовиділення можуть бути крижані зерна (крижані уламки), які дають додатковий тимчасовий приріст в блиску комети. Питання про те, що спричинює "викид" ядром таких крижаних зерен залишається відкритим.

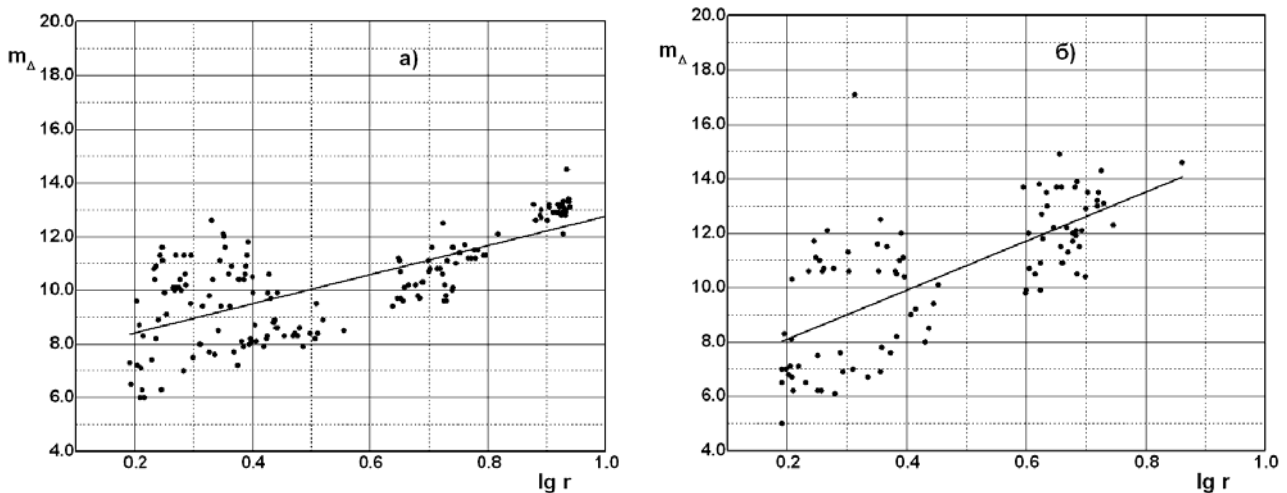


Рис. 2. Крива блиску комети C/2009 P1 (Garradd): а) – до перигелію, б) – після перигелію

Однією з можливих причин могла б бути сонячна активність. Але, на жаль, розраховані коефіцієнти кореляції між зміною блиску комети та змінами в проявах сонячної активності, а саме: чисел Вольфа, площ сонячних плям, потоків протонів та електронів (рис.3), вказують на відсутність впливу сонячної активності на поведінку комети C/2009 P1 (Garradd).

Коефіцієнти кореляції розраховувалися за методикою, яку запропонував О. Добровольський [1]. Причому коефіцієнти кореляції розраховувалися з урахуванням того, що той чи інший прояв сонячної активності досягає комети протягом певного проміжку часу (бралось від 0 до 28 діб).

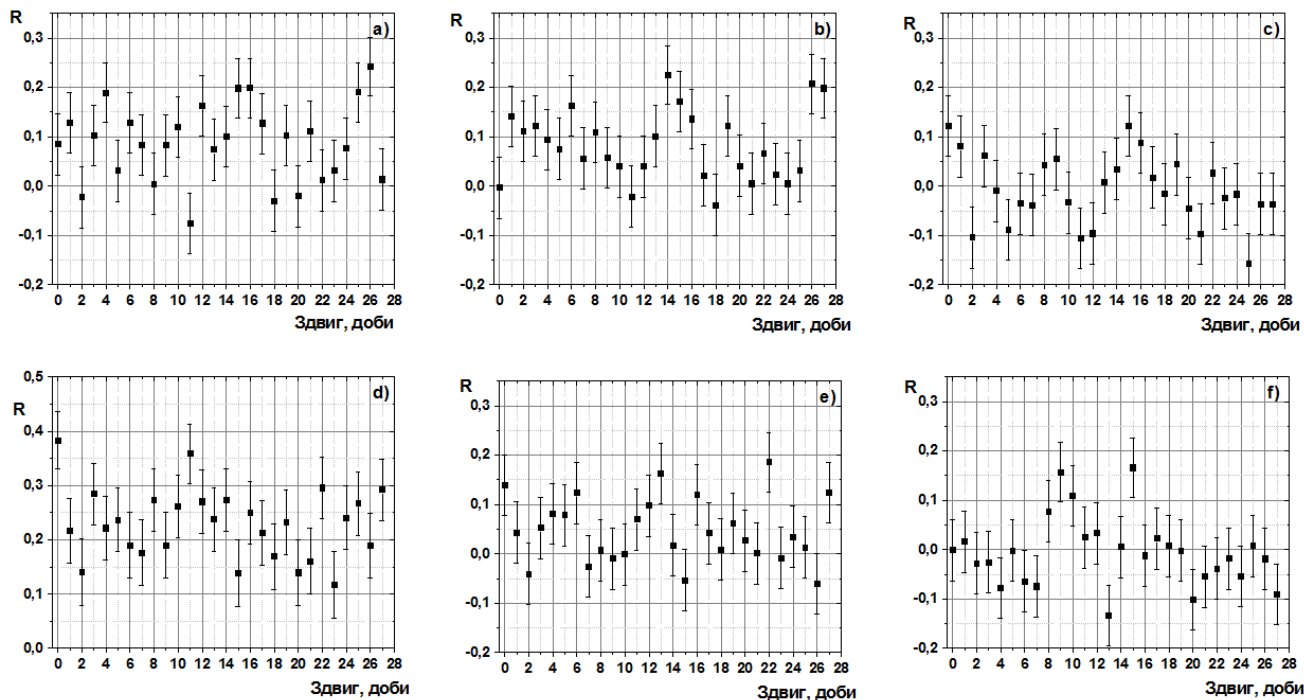


Рис.3. Залежність коефіцієнтів кореляції  $R$  між флуктуаціями блиску комети C/2009 P1 (Garradd) та проявами сонячної активності з часовим зміщенням: а) – числа Вольфа, б) – площа сонячних плям, добовий потік протонів/см<sup>2</sup>ср; с) – з енергією більше 1 MeV, d) – з енергією більше 10 MeV, е) – з енергією більше 100 MeV, ф) – добовий потік електронів/см<sup>2</sup>ср з енергією більше 0.6 MeV

## ВИСНОВКИ

В роботі досліджувалась активність комети C/2009 P1 (Garradd) та її зв'язок проявами сонячної активності. Отримані наступні значення фотометричних параметрів: до перигелію  $H_0$  становить  $7.32 \pm 0.25$ , а  $n$  – відповідно  $5.43 \pm 0.42$ ; після перигелію  $H_0$  становить  $6.29 \pm 0.49$ , а  $n$  – відповідно  $9.02 \pm 0.98$ . Зв'язок між зміною блиску комети та проявами сонячної активності не встановлено. Підтверджено, що можливим джерелом активності комети C/2009 P1 (Garradd) поблизу перигелію є крижані зерна.

### Список використаних джерел

1. Добровольский, О.В. Кометы [Текст]: монография. – М.: Наука, 1966. – 288 с.
2. Bodewits, D. EPOXI observations of Comet 2009/P1 (Garradd) during the period from 27.09.2008 to 02.26.2014. The light curve of the comet C/2009 P1 (Garradd) is constructed. The photometric parameters are calculated. Obtained the following values of the photometric parameters:  $H_0$  before perihelion is  $7.32 \pm 0.25$ , and  $n$  respectively  $5.43 \pm 0.42$ ; after perihelion  $H_0$  is  $6.29 \pm 0.49$ , and  $n$  respectively  $9.02 \pm 0.98$ . It can be seen from the curve that near perihelion comet activity increased: brightness of the comet undergoes significant fluctuations. Obviously, at this time effective mechanisms are started in comet that cause increased outgassing. The sharp weakening of the comet's brightness after growth indicate that this gas sources is temporal. This suggests that near perihelion possible mechanism of amplification of the gas can be icy grains (ice fragments) that give additional temporary increase in brightness of the comet. The correlation coefficients between the change brightness of the comet and changing manifestations of solar activity, namely Wolf numbers, sunspot areas, streams of protons and electrons are calculated. Correlation coefficients were calculated by the method proposed by O. Dobrovolsky. Correlation coefficients were calculated taking into account the fact that a particular manifestation of solar activity reaches the comet over a period of time (been taken from 0 to 28 days). The relationship between the change in brightness of the comet and manifestations of solar activity is not installed. **Надійшла до редколегії 26.06.14**
3. Combi, M.R. Water production rate of Comet C/2009 P1 (Garradd) throughout the 2011–2012 apparition: Evidence for an icy grain halo [Текст] / M.R. Combi, J.T.T. Mäkinen, J.-L. Bertaux, E. Quémerais, S. Ferron, N. Fougere // Icarus. – 2013. – Volume 225, Issue 1 – P. 740-748.
4. Paganini, L. The chemical composition of CO-rich Comet C/2009 P1 (Garradd) at  $R = 2.4$  and  $2.0$  AU before perihelion [Текст] / L. Paganini, M. J. Mumma, G. L. Villanueva, M. A. DiSanti, B. P. Bonev // ApJ. – 2012. – 748. – P.13-19.
5. Villanueva, G.L. A multi-instrument study of Comet C/2009 P1 (Garradd) at 2.1 AU (pre-perihelion) from the Sun [Текст] / G.L. Villanueva, M.J. Mumma, M.A. DiSanti, B.P. Bonev, L. Paganini, G.A. Blake // Icarus. – 2012. – Volume 220, Issue 1. – P. 291-295.

И. Лукьяник, канд. физ.-мат. наук  
КНУ имени Тараса Шевченко, Киев

## АКТИВНОСТЬ КОМЕТЫ C/2009 P1 (GARRADD)

В работе проводится исследование кривой блеска кометы C/2009 P1 (Garradd). Использованы 9099 наблюдений кометы в период с 27.09.2008 по 26.02.2014. Рассчитаны фотометрические параметры. Исследуется связь с солнечной активностью. Сделаны выводы относительно источников газообразования около перигелия этой кометы.

Ключевые слова: кометы, кривая блеска, C/2009 P1 (Garradd), солнечная активность.

I. Luk'yanyk, Ph.D. in Phys. and Math. Sciences  
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

## ACTIVITY OF THE COMET C/2009 P1 (GARRADD)

Each comet has individual characteristics that are important for building models of the Solar system, and most comets. In this paper presents the results of treatment of 9099 observations of comet C/2009 P1 (Garradd) during the period from 27.09.2008 to 02.26.2014. The light curve of the comet C/2009 P1 (Garradd) is constructed. The photometric parameters are calculated. Obtained the following values of the photometric parameters:  $H_0$  before perihelion is  $7.32 \pm 0.25$ , and  $n$  respectively  $5.43 \pm 0.42$ ; after perihelion  $H_0$  is  $6.29 \pm 0.49$ , and  $n$  respectively  $9.02 \pm 0.98$ . It can be seen from the curve that near perihelion comet activity increased: brightness of the comet undergoes significant fluctuations. Obviously, at this time effective mechanisms are started in comet that cause increased outgassing. The sharp weakening of the comet's brightness after growth indicate that this gas sources is temporal. This suggests that near perihelion possible mechanism of amplification of the gas can be icy grains (ice fragments) that give additional temporary increase in brightness of the comet. The correlation coefficients between the change brightness of the comet and changing manifestations of solar activity, namely Wolf numbers, sunspot areas, streams of protons and electrons are calculated. Correlation coefficients were calculated by the method proposed by O. Dobrovolsky. Correlation coefficients were calculated taking into account the fact that a particular manifestation of solar activity reaches the comet over a period of time (been taken from 0 to 28 days). The relationship between the change in brightness of the comet and manifestations of solar activity is not installed.

Keywords: comets, comet light curve, C/2009 P1 (Garradd), solar activity.