

СПАЛАХОВА АКТИВНІСТЬ КОМЕТИ 29P ШВАССМАН-ВАХМАН 1

В роботі досліджується активність комети ШВ1 та її зв'язок з проявами сонячної активності. Створено каталог спалахів блиску. Встановлено певні характеристики спалахів блиску комети ШВ1. Побудовано усереднений профіль спалаху блиску. Встановлено зв'язок між зміною блиску комети та площею сонячних плям і потоками протонів сонячного вітру з енергіями від 10 до 100 МеВ.

Ключові слова: комета, 29P/Швассман-Вахман 1.

Вступ. Комета 29P/Швассмана-Вахмана 1 (далі ШВ1) відкрита в 1925 році німецькими астрономами А. Швассманом і А. Вахманом. Велика піввісь орбіти, ексцентриситет і орбітальний період комети дорівнюють відповідно 5.99 а.о., 0.045 і 14.66 року. Оцінки радіуса комети показують, що вона має ядро, розміри якого більше, ніж у типових короткоперіодичних комет. Розмір ядра комети ШВ1 оцінюється в 15-44 км в діаметрі на основі аналізу 20 μ теплового випромінювання [4] і фотометрії у видимій області [8].

Комету Швассмана-Вахмана відносять до класу Кентаврів, які, як вважають, є "втікачами" з поясу Койпера. Комета проявляє епізодичну спалахову активність протягом багатьох років спостережень [9,10,11,14]. Джевіт [4] зазначав, що, незважаючи на різну ступінь активності комети протягом усього періоду спостережень, кома ніколи повністю не зникала. За час моніторингу комети ШВ1 з 2002 по 2007 рік Trigo-Rodriguez та ін [12,13] виявили 28 спалахів комети. Автори відзначають, що типові спалахи комети відбуваються з частотою 7.3 спалахів на рік і характеризуються різким збільшенням блиску на 1 – 4 зоряні величини. Ніяких ознак періодичності спалахової активності комети виявлено не було, причини неперіодичного характеру спалахів також не встановлені.

Висхідні дані та обробка. За основу дослідження були взяті результати спостережень комети ШВ1 Trigo-Rodriguez та ін. [12]. Дані були отримані декількома аматорськими та професійними обсерваторіями. Редукції були зроблені за [6] з використанням діафрагми 10 кутових секунд і каталогу USNO A2.0 "R". Похибка оцінок блиску з різними телескопами становить від 0,05 до 0,1 зоряної величини. Фотометричні редукції робились за допомогою програмного комплексу Astrometrica. Результати були протестовані за допомогою додаткового пакету програмного забезпечення під назвою LAIA (Laboratory for Astronomical Image Analysis). Просторовий масштаб був – від 0,8 до 1,9 "/пксель, що відповідає близько 33400 і 79500 км/пксель на геоцентричній відстані комети. Загалом було зроблено 754 фотометричних вимірювань ШВ1. Дані були отримані досвідченими спостерігачами протягом 365 ночей в період з червня 2002 року по 1 січня 2008 року.

Таким чином, отриманий однорідний ряд спостережень, що має велике значення при дослідженні спалахової активності комети, позаяк зменшує вплив на результат похибок спостережень.

Спостережні данні були приведені до одиничної геоцентричної відстані $m_{\Delta} = m - 5 \cdot \lg \Delta$. Крива блиску наведена на рис. 1.

Результати та дискусія. З отриманого редукованого ряду спостережень було виокремлено 25 спалахів блиску комети ШВ1. Автори [12] отримали 28 спалахів. Різниця викликана, очевидно, відмінністю підходів до визначення спалаху блиску комети. В даній роботі як спалахи блиску були взяті спалахи з амплітудою більше 1 зоряної величини та за наявності більше трьох спостережень протягом спалаху. Каталог спалахів блиску наведено в табл.1.

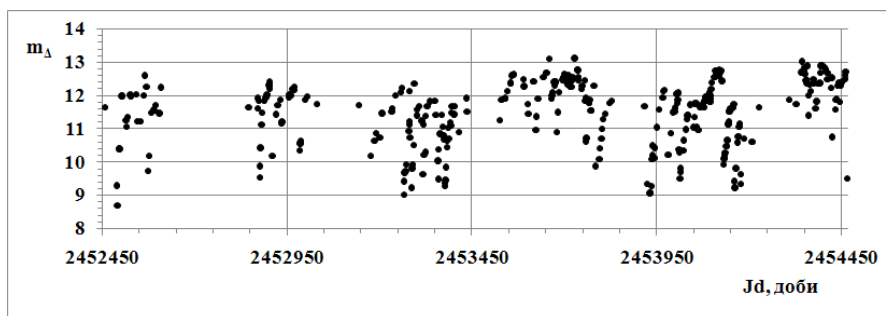


Рис. 1. Крива блиску комети ШВ1

Таблиця 1. Каталог спалахів блиску комети ШВ1 (JDs – дата початку спалаху в юліанських добах, m_{Δ} – блиск комети, JDm – дата максимуму спалаху в юліанських добах,

JDe – дата закінчення спалаху в юліанських добах, Res – різниця JDe і JDs, Rms – різниця JDm і JDs, Rem – різниця JDe і JDm, Rs21 – різниця між датами початку двох сусідніх спалахів, R27 – Rs21 виражений в оборотах Сонця)

JDs	m_{Δ}	JDm	m_{Δ}	JDe	m_{Δ}	Res, доби	Rms, доби	Rem, доби	Rs21, доби	R27
2452457.54	11.63	2452491.46	8.69	2452503.53	11.98	45.99	33.92	12.07	107.8	3.99
2452565.34	12.59	2452575.32	9.73	2452583.33	11.48	17.99	9.98	8.01	337.0	12.48
2452902.39	12.4	2452910.36	10.17	2452933.29	11.87	30.9	7.97	22.93	66.9	2.47
2452969.3	12.25	2452985.24	10.35	2453004.23	11.95	34.93	15.94	18.99	292.3	10.82
2453261.63	12.21	2453266.35	9.02	2453282.43	12.12	20.8	4.72	16.08	20.8	0.77
2453282.43	12.12	2453287.37	9.22	2453294.46	12.35	12.03	4.94	7.09	25.9	0.96
2453308.37	11.66	2453318.32	9.62	2453337.25	11.81	28.88	9.95	18.93	41.8	1.55
2453350.24	11.83	2453359.25	9.48	2453368.25	11.42	18.01	9.01	9	18.0	0.66
2453368.25	11.42	2453378.31	9.26	2453396.27	11.66	28.02	10.06	17.96	222.3	8.23

Закінчення табл. 1

JDs	m_{Δ}	JDm	m_{Δ}	JDe	m_{Δ}	Res, доби	Rms, доби	Rem, доби	Rs21, доби	R27
2453590.54	12.47	2453603.44	11.44	2453616.41	12.42	25.87	12.9	12.97	26.8	0.99
2453617.39	12.42	2453623.41	10.96	2453659.28	13.09	41.89	6.02	35.87	41.9	1.55
2453659.28	13.09	2453665.37	11.9	2453673.41	12.4	14.13	6.09	8.04	18.0	0.66
2453677.31	12.4	2453680.25	10.89	2453701.33	12.64	24.02	2.94	21.08	77.9	2.887
2453755.25	12.44	2453759.25	10.62	2453769.25	11.86	14	4	10	25.1	0.92
2453780.31	12.29	2453785.31	9.87	2453828.3	11.84	47.99	5	42.99	137.3	5.08
2453917.63	11.66	2453931.62	9.06	2453967.59	12.13	49.96	13.99	35.97	53.0	1.96
2453970.65	12.15	2453979.59	10.2	2454004.38	12.04	33.73	8.94	24.79	37.8	1.40
2454008.46	12.07	2454013.52	9.49	2454041.73	11.72	33.27	5.06	28.21	116.9	4.33
2454125.39	12.74	2454131.24	9.91	2454148.26	11.6	22.87	5.85	17.02	33.9	1.25
2454159.31	11.74	2454162.28	9.22	2454174.3	11.15	14.99	2.97	12.02	15.0	0.55
2454174.3	11.15	2454177.38	9.33	2454186.3	10.69	12	3.08	8.92	184.3	6.82
2454358.64	12.88	2454361.66	11.39	2454364.67	12.31	6.03	3.02	3.01	16.0	0.59
2454374.68	12.47	2454380.63	11.6	2454394.44	12.88	19.76	5.95	13.81	49.0	1.81
2454423.73	12.53	2454425.73	10.74	2454442.42	12.39	18.69	2	16.69	37.7	1.39
2454461.46	12.7	2454465.34	9.5	2454467.35	10.6	5.89	3.88	2.01		
Середнє:						24.9±12.5	7.9±6.5	16.9±10.3	83.5±89.9	3.09±3.3

Створений каталог дозволяє зробити певні висновки щодо певних характеристик спалахів блиску комети ШВ1, а саме:

1. В середньому спалах блиску комети продовжується протягом 24.9 ± 12.5 діб;

2. Розвиваючись, він досягає максимуму за 7.9 ± 6.5 діб;

3. Етап падіння блиску після максимуму становить 16.9 ± 10.3 діб;

4. В середньому блиск комети підвищується на 2.15 ± 0.66 зоряні величини;

5. Середній проміжок часу між спалахами складає 83.5 ± 89.9 доби але, зважаючи на похибку більшу ніж саме значення, однозначного висновку про частоту спалахів зробити не можна. Така значна похибка викликана тим, що в спостереженнях є значні пропуски, коли комета була недосяжна для спостережень. Якщо видалити такі проміжки як грубі значення, то отримаємо середнє значення: 48.93 ± 37.61 , або 7.4 спалахи блиску на рік, що є прийнятним і відповідає дійсності.

Для аналізу процесу розвитку спалаху був побудований усереднений профіль спалаху блиску рис. 2 (окремо для фази росту та фази спаду блиску). Як бачимо з рис.2 фаза падіння блиску є стаціонарною без особливостей. Блиск комети падає пропорційно до часу, який пройшов від моменту максимуму блиску, з коефіцієнтом близьким до 1: -0.91 ± 0.06 . Невеликий максимум наприкінці, очевидно, пов'язаний з неточністю визначення моменту закінчення спалаху через те, що ряд спостережень не є рівномірним або через невелику кількість спалахів для статистики. З рис. 2 видно, що процес розвитку спалаху є нестационарним, з значним коливанням блиску комети.

Загалом спалах блиску комети можна описати рівнянням:

$$I = K \Delta^{-2} Q \tau, \quad (1)$$

де K – коефіцієнт пропорційності, що залежить від фізичних констант, Q – продуктивність ядром комети молекул певного виду, τ – їх середній час життя в голові комети під впливом променевої та корпускулярної радіації Сонця. З (1) випливає, що спалах блиску може викликати як швидке збільшення Q , так і значне збільшення τ . Більшість існуючих механізмів для пояснення спалахів блиску комет, в тій чи іншій мірі, використовують зміну Q і дуже рідко [1,7] – зміну часу життя молекул під впливом ультрафіолетової радіації Сонця. Оскільки комета ШВ1 перебуває на відстані біля 6 а.о., поза зоною сублимації води, то, очевидно, що механізми, в основу яких покладено зміну τ доведеться відкинути, як непридатні.

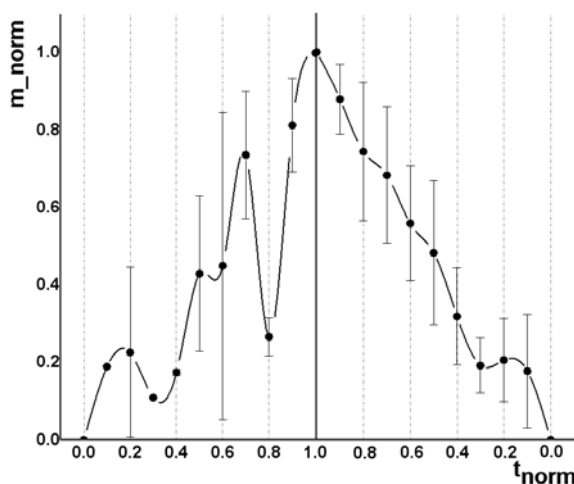


Рис.2. Усереднений та нормований профіль спалаху блиску комети ШВ1 (окремо для фаз росту та падіння блиску)

Сонячна радіація, яка досягає ядра комети, витрачається на поглинання поверхню ядра комети, розсіювання за рахунок перевипромінювання в космос, сублимацію поверхневого льоду і провідності всередину. Це можна описати рівнянням балансу енергії:

$$\frac{S_0(1-A)\cos\zeta(t)}{r_h^2} = \varepsilon\sigma T^4 + L \cdot p_{sat} \sqrt{\frac{m_{H_2O}}{2\pi kT}} - \kappa \frac{dT}{dx}, \quad (2)$$

де $S_0 = 1367 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ – сонячна константа, $\Phi = 0.04$ – бондівське альbedo, $\zeta(t)$ – сонячний зенітний кут, $\varepsilon = 1$ – коефіцієнт випромінювання, σ – константа Стефана-Больцмана, $p_{sat} = 3.56 \cdot 10^{12} \exp(-6141.667/T)$ – тиск насиченої пари, m_{H_2O} – молекулярна маса води, κ – константа Больцмана, $L = 2.6 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ – прихована теплота, κ – провідність. Для відстані 6 а.о., в припущенні незначущості провідності, отримає верхню межу температури на полудень $T \approx 160 \text{ К}$. При такій низькій температурі 99,5 % поглиненої енергії перевипроміниться термічно, а швидкість сублимації становитиме $8,7 \times 10^{-8} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$, що надзвичайно мало в порівнянні з швидкістю сублимації на 1 відстані а.о., яка складає $4,6 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$. Те ж саме відноситься і до CO та CO₂. Тобто слід очікувати, що поверхневий шар ядра комети ШВ1 повністю позбавлений чистого CO і CO₂ конденсатів. Але ж тоді, якщо на поверхні не має конденсату з високолетючих молекул CO і CO₂, і на відстані 6 а.о. занадто низька температура для сублимації водяного льоду, то цілком природно виникає питання про доречність використання механізму спалахів блиску за рахунок різкого зростання Q.

Зазвичай пропонуються механізми спалахів на кшталт полімеризації HCN чи метеоритних ударів. Проте, очевидно, у випадку комети ШВ1 найдоцільніше [12,13] було б взяти за основу кристалізацію аморфного льоду. Аморфний лід кристалізується при 137 К і вивільнена при цьому енергія може йти на випаровування CO і CO₂. Також причиною спалахової активності комети ШВ1 може бути сонячна активність, певні прояви якої можуть слугувати "спусковим" механізмом. З Табл. 1. Видно, що проміжок між спалахами блиску в середньому складає 3.09 ± 3.3 періодів оберту Сонця навколо своєї осі. Але, очевидно, це лише співпадіння, оскільки важко пояснити чому саме через три оберти Сонця повторюється спалах блиску комети. До того ж, наявна велика похибка визначення цієї величини. У роботі [3] досліджувалась залежність флуктуацій та спалахів блиску від положення в межах сектору секторної структури міжпланетного магнітного поля. Був встановлений зв'язок між флуктуаціями та спалахами блиску і перетином кометою границі секторної структури та високошвидкісних потоків. На відстані 6 а.о. дослідження щодо зв'язку активності комети ШВ1 з секторною структурою проводити недоречно. Тому в цій роботі досліджувався зв'язок флуктуацій блиску комети з проявами сонячної активності, а саме: з площею сонячних плям, числами Вольфа, потоками протонів та електронів різної енергії. Коефіцієнт кореляції R розраховувався за методикою [2]. Результат представлено на рис.3.

З рис. 3 видно, для комети ШВ1 існує зв'язок між зміною блиску комети та площею сонячних плям з затримкою 19 діб (що відповідає швидкості передачі збурення близько 550 км/с) та менш явний зв'язок зі зміщенням в 8 діб (близько 1300 км/с). Для зв'язку з числами Вольфа є два можливих варіанти з затримками 6 (≈1700 км/с) та 19 (≈1300 км/с) діб відповідно. Зв'язку між потоками протонів з енергіями більше 1 МеВ та більше 100 Мев не має. Хоча існує досить значний зв'язок з потоком протонів з енергіями більше 10 МеВ. Оскільки з потоком протонів з енергіями більше 100 МеВ зв'язку не має, то очевидно, що вплив на блиск комети мають протони з енергіями між 10 та 100 МеВ. Причому з рис. 3 слідує, що приходять ці протони до комети разом з високошвидкісними потоками сонячного вітру. З потоком електронів встановити зв'язок не вдалось. Єдиний пік для зміщення в 2 доби не має фізичного змісту оскільки швидкість таких електронів мал. Бути близько 5 000 км/с.

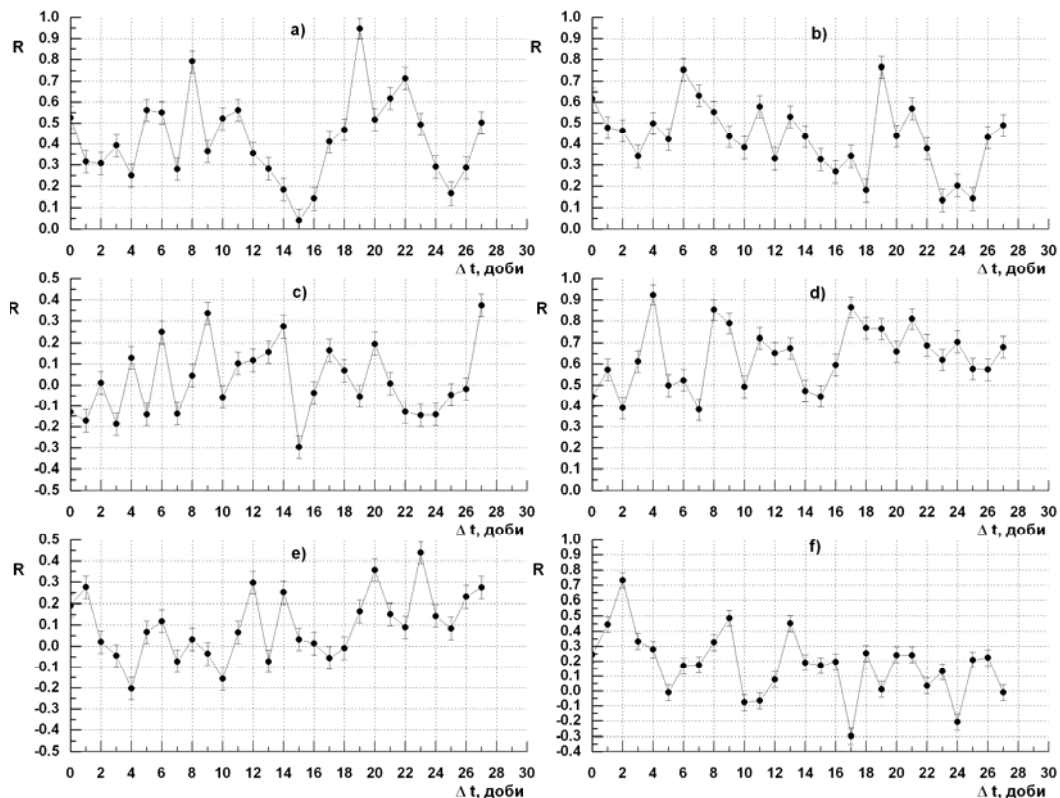


Рис.3. Залежність коефіцієнтів кореляції R між флуктуаціями блиску комети ШВ1 та проявами сонячної активності з часовим зміщенням: а) – площа сонячних плям, б) – числа Вольфа, добовий потік протонів/см²ср; в) – з енергією більше 1 МеВ, г) – з енергією більше 10 МеВ, е) – з енергією більше 100 МеВ, ф) – добовий потік електронів/см²ср з енергією більше 0.6 МеВ

Висновки. В роботі досліджувалась активність комети ШВ1 та її зв'язок проявами сонячної активності. Створено каталог спалахів блиску. Встановлено певні характеристики спалахів блиску комети ШВ1, а саме: а) в середньому спалах блиску комети продовжується протягом 24.9 ± 12.5 діб; б) розвиваючись, він досягає максимуму за 7.9 ± 6.5 діб; в) етап падіння блиску після максимуму становить 16.9 ± 10.3 діб; г) в середньому блиск комети підвищується на 2.15 ± 0.66 зоряні величини; д) середній проміжок часу між спалахами складає 48.93 ± 37.61 , або 7.4 спалахи блиску на рік. Для аналізу процесу розвитку спалаху був побудований усереднений профіль спалаху блиску, з якого видно, що фази росту та спаду блиску різко відрізняються. Також встановлено зв'язок між зміною блиску комети та площею сонячних плям і потоками протонів сонячного вітру з енергіями від 10 до 100 МеВ.

Автор вдячний J. M. Trigo-Rodríguez за наданити матеріал.

Список використаних джерел:

1. Андриенко Д.А., Ващенко В.Н. Кометы и корпускулярное излучение Солнца. // М. "Наука". – 1981. – 164 с.
2. Добровольский О.В. Кометы // М.: Наука, 1966. – 288с.
3. Лук'яник І.В. Щодо зв'язку спалахів блиску комет з індексами сонячної активності в межах секторів секторної структури міжпланетного магнітного поля // Вісник Київського національного університету. Астрономія. – Київ – 2000. – с.52-55.
4. Cruikshank, D.P., Brown, R.H. The nucleus of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1 // Icarus. 1983. – V. 56. – P. 377–380.
5. Jewitt D. The persistent coma of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1 // Astrophys. J. 1990. – V. 351. – P. 277–286.
6. Kidger, M. 2002, EMP, 90, 259.
7. Kravtsov F.I., Lukyanyk I.V. Possible mechanism of brightness outbursts of comets. // Kinematics and Physics of Celestial Bodies 26 (5), pp. 257-263.
8. Meech K.J., Belton M.J.S., Mueller B.E.A. et al. Nucleus properties of P/Schwassmann-Wachmann 1 // Astron. J. 1993. V.106. P. 1222–1236.
9. Richter N. Helligkeitsschwankungen der Kometen und Sonnentätigkeit. I Erster Schwassmann-Wachmannscher Komet (1925 II) // Astronomische Nachrichten. 1941. – V. 271. – P.207-215.
10. Roemer E. Activity in Comets at Large Heliocentric Distance // PASP. 1962. – V.74. – № 440. – P. 351-365.
11. Roemer E. An outburst of comet Schwassmann-Wachmann 1 // PASP. 1958. – V. 70. – № 414. – P. 272-278.
12. Trigo-Rodríguez J. M., García-Melendo E., Davidsson B. J. R., Sánchez A., Rodríguez D., Lacruz J., De los.
13. Reyes J. A. and Pastor S. Outburst activity in comets. I. Continuous monitoring of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1 // Astronomy and Astrophysics. 2008. – V.485. – P. 599–606.
14. Trigo-Rodríguez J. M., García-Hernández D. A., Sánchez A., Lacruz Ju., Davidsson B. J. R., Rodríguez D., Pastor S., de Los Reyes J. A. Outburst activity in comets – II. A multiband photometric monitoring of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1 // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2010. – V. 409. – Iss. 4. – P. 1682-1690.
15. Whipple F.L. Rotation and outbursts of comet 29P/Schwassmann-Wachmann 1 // Astron. J. 1980. – V.85. – P. 305–313.

Надійшла до редколегії 15.11.13

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

ВСПЫШЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ КОМЕТЫ 29P ШВАССМАН-ВАХМАН 1

В работе исследуется активность кометы ШВ1 и ее связь с проявлениями солнечной активности. Создан каталог вспышек блеска. Установлены определенные характеристики вспышек блеска кометы ШВ1. Построено усредненный профиль вспышки блеска. Установлена связь между изменением блеска кометы и площадью солнечных пятен и потоками протонов солнечного ветра с энергиями от 10 до 100 МэВ.

Ключевые слова: комета, 29P/Швассман-Вахман 1.

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

FLARE ACTIVITY OF COMET 29P/SCHWASSMANN-WACHMANN 1

The activity of the comet and its relationship SHV1 manifestations of solar activity are studied. A catalog of outburst of comet Schwassmann-Wachmann 1 are created. Some special characteristics of outburst brightness of the comet are determined. An average profile of the outburst brightness is constructed. The relationship between the change in brightness of the comet and area of sunspots and solar wind proton fluxes with energies from 10 to 100 MeV are obtained.

Key words: comet, 29P/Schwassmann-Wachmann 1.

УДК 523.682.2-355

А. Мозгова, асп., К. Чурюмов, д-р фіз.-мат. наук, проф.,
В. Смірнов, канд. фіз.-мат. наук, доц.
КНУ імені Тараса Шевченка, Київ

ЧАСОВА ЕВОЛЮЦІЯ СПЕКТРА МЕТЕОРА 9-10 СЕРПНЯ 1965 РОКУ

Розглядається спектр метеора, отриманий 9-10 серпня 1965 року на спостережувальній станції Одеської астрономічної обсерваторії в с.Крижанівці. Представлено еволюцію основних емісій у спектрі. Наведено таблицю ідентифікацій спектральних компонентів, виявлених у спектрі метеора.

Ключові слова: метеор, спектр.

Вступ. Вперше спектр метеора спостерігав візуально Олександр Стеват Гершель 18 січня 1864 року за допомогою бінокюляра, оснащеного призмиами [1]. Так було започатковано візуальні спостереження метеорних спектрів. Саме завдяки їм зібрано вагомий матеріал щодо хімічного складу метеорних тіл та фізичних характеристик спорадичних і поточкових метеорів. Ширші можливості з'явилися в області досліджень метеорних явищ завдяки фотографічному методу спостережень.

Перша фотографія метеорного спектра була випадково зафіксована у червні 1897 року в Арекіпі, у південному відділенні Гарвардської обсерваторії. Спектр на знімку виявила В.Ф.Флемінг. Він містив шість ліній, що спершу помилково приписувалися водню [1].

Першим, хто детально займався спектрографуванням та дослідженням метеорних спектрів, був радянський астроном Сергій Миколайович Блажко.