



УДК 520.84, 520.87

Дослідження спектрів комети C/2000 WM1 (LINEAR)

К.І. Чурюмов¹, І.В. Лук'яник¹, В. Чавушян², А. Пальма²,
Л. Сандовал², О.О. Бережной², Л.С. Чубко³

¹Астрономічна обсерваторія Київського національного університету

²Інститут Астрофізики, оптики та електроніки, Тонанцитла, Мексика

³Вінницький педагогічний державний університет ім. М.Коцюбинського

Наводиться аналіз обробки спектрів середнього розділення комети C/2000 WM1 (LINEAR), одержаних 22 та 24 листопада 2001 р. та 5 квітня 2002 р. за допомогою 2.12-м рефлексора обсерваторії Гільєрмо Харо (Мексика). З аналізу розподілу яскравості в емісіях деякі фізичні параметри (швидкість витікання газів з ядра, час життя молекул C₂, C₃, CN) було визначено. За моделлю Хазера швидкості газовиділення для молекул C₂, C₃, CN було обчислено.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ КОМЕТЫ C/2000 WM1 (LINEAR), Чурюмов К.И., Лукьяник И.В., Чавушян В., Пальма А., Сандовал Л., Бережной А.А., Чубко Л.С. — Приводится анализ обработки спектров среднего разрешения кометы C/2000 WM1 (LINEAR), полученных 22 и 24 ноября 2001 г. и 5 апреля 2002 г. с 2.12-м рефлексором обсерватории Гильермо Харо (Мексика). Анализируя распределение яркости вдоль щели спектрографа в эмиссионных линиях C₂, C₃, CN, определены физические параметры (скорость истечения из ядра, время жизни) молекул C₂, C₃, CN. С помощью модели Хазера вычислены скорости газовыделения для молекул C₂, C₃, CN из ядра кометы.

INVESTIGATION OF SPECTRA OF COMET C/2000 WM1 (LINEAR), by Churyumov K.I., Lukyanik O.I., Chavushyan V., Palma A., Sandoval L., Berezhnoi A.A., Chubko L.S. — Analysis of middle-resolution optical spectra of comet C/2000 WM1 (LINEAR) obtained on November 22 and 24, 2001 and on Apr. 5, 2002 with the 2.12-m reflector of the Guillermo Haro Astrophysical Observatory is given. Analysing distribution of brightness along the spectrograph slit in emission lines C₂, C₃, CN on Nov. 22, 2001 we determined some physical parameters of these neutral molecules — the velocity of expansion of molecules from the nucleus and their life time. Using Hazer's model the rates of gasproductivity in emission lines of C₂, C₃, CN molecules for Apr. 5, 2002 were determined.

За програмою спектрального моніторингу комети C/2000 WM1 (LINEAR), запропонованою професором Київського національного університету імені Тараса Шевченка Климом Чурюмовим та співробітниками Інституту Астрофізики, Оптики та Електроніки (Тонанцитла, Мексика) професором Алехандро Пальмой і Олексом Бережним 22 та 24 листопада 2001 року та 5 квітня 2002 р. було проведено успішні спектральні спостереження цієї комети за допомогою Боллер і Чівенс спектрографу, встановленого на 2.12-метровому рефлексорі Гуїлермо Харо Астрофізичної обсерваторії (Мексика, Кананеа: широта — 31°03'10", довгота = 110°23'05" Сх). Загальні характеристики спектрографа: ширина щілини — 2.5", довжина — 2.5', один піксел на зображенні відповідає 0.451".

22 листопада 2001 р. використовувалась решітка 150 штр/мм, спектральний діапазон 3900–7100Å, дисперсія 3.5Å/рх, роздільна здатність 15Å. 24 листопада 2001 р. — решітка 300 штр/мм, спектральний діапазон 4300–5900Å, дисперсія 1.4Å/рх, роздільна здатність 5.4Å. 5 квітня 2002 р. — решітка 300 штр/мм, спектральний діапазон 4300–5900Å, дисперсія 3.5Å/рх, роздільна здатність 15Å.

При обробці ПЗЗ-спектрів комети було зроблено наступні редукації: видалення слідів космічних частинок (cosmic particles), вирахування електронного нульового рівня (bias), вирахування вкладу темного току (dark), виправлення за варіації чутливості ПЗЗ-матриці (flatfield) і коригування зображень за віньєтування вздовж щілини спектрографа (втрати світла вздовж щілини). Для

Таблиця 1. Фізичні параметри нейтральних газових молекул C₂, C₃ і CN 22.11.2001 р.

Молекула	Швидкість, м·с ⁻¹	Час життя, 10 ⁶ с
C ₂ (5165Å)	482.3	1.45
C ₃ (4050Å)	239.8	0.2
CN (4200Å)	88.3	1.0

Таблиця 2. Швидкості газовиділення молекул C₂, C₃ і CN з кометного ядра 5.04.2002 р.

Молекула	Log Q, мол·с ⁻¹
C ₂ (5165Å)	27.8
C ₃ (4050Å)	26.8
CN (4200Å)	28.2

лінеаризації двовірного спектру спочатку було побудовано двовірну дисперсійну криву, яка далі використовувалась для лінеаризації спектра — переводу піксельних координат в систему координат, пов'язану з довжинами хвиль. Розподілення енергії у спектрі комети в ерг·см⁻²с⁻¹Å⁻¹ отримано шляхом порівняння кометного спектра із спектром зорі-стандарту (Рис.1).

Для ідентифікування емісійних ліній в спектрі комети C/2000 WM1 (LINEAR), отриманого 22.11.2001 р. було використано роботу Брауна із співавторами. В спектрах комети було ототожнено емісійні лінії нейтральної молекули СО (триплетні смуги $d^3\Delta_i - a^3\Pi_r$, смуги Асунді $a'^3\Sigma^+ - a^3\Pi_r$ і смуги Германа $e^3\Sigma^- - a^3\Pi_r$), що досить рідко спостерігаються в кометних спектрах у видимому діапазоні довжин хвиль; можливо, встановлена присутність негативного іона C₂⁻ [1-2].

Для визначення деяких фізичних параметрів газової компоненти нейтральної кометної атмосфери (швидкості розширення газу в комі u , та час існування часток τ) було побудовано фотометричні профілі вздовж щілини спектрографа для емісійних ліній молекул C₂, C₃ та CN. Далі на основі цих профілів за моделлю Л.Шульмана [3, 4] було розраховано параметри u і τ . Згідно обраної моделі поверхнева яскравість визначається за допомогою наступної формули:

$$\lg \frac{I(\rho, \varphi + \pi)}{I(\rho)} = 1.72 \frac{\rho}{r_{0c}} \sin \Theta_0 \cos \varphi, \quad \frac{1}{2} \lg [I(\rho, \varphi + \pi)I(\rho, \varphi)] = \text{const} + \lg \left[\frac{r_{0k}}{\rho} \int_{\rho/r_{0k}}^{\infty} K_0(y) dy \right]$$

де $I(\rho, \varphi + \pi)$ і $I(\rho, \varphi)$ — поверхнева яскравість емісійної лінії вздовж щілини, ρ, φ - полярні координати в картинній площині із полярною віссю, спрямованій на Сонце, $r_{0c} = 2u^2/2/g^-$ — характерний розмір області сферичної симетрії, u — швидкість розширення, g — прискорення молекул газу у полі сонячного світлового тиску, Θ_0 — кут між віссю z і g -вектором, $r_{0k} = u\tau$ — характерний розмір коми, $K_0(y)$ — функція МакДональда.

Обчислені фізичні параметри нейтральних газових молекул C₂ (5165Å), C₃ (4050Å) і CN (4200Å) — швидкості розширення та час життя молекул. 22.11.2001 р. наведено у таблиці 1.

За моделлю Хазера [5], використовуючи абсолютні потоки та профілі емісій вздовж щілини за спектрами, одержаними 5 квітня 2002 р., було визначено значення швидкостей газовиділення Q ,

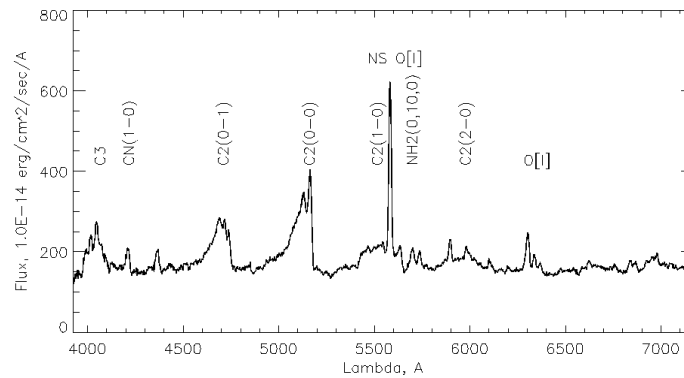


Рис. 1. Розподіл енергії в спектрі комети C/2000 WM1 (LINEAR) 22.11.2001 р.

мол·с⁻¹ для молекул C₂, C₃ і CN з кометного ядра (табл.2).

ВИСНОВКИ

1. Пораховано фізичні параметри нейтральної складової атмосфери комети C/2000 WM1 за спектром, одержаним 22 листопада 2001 р.

2. Визначено значення швидкостей газовиділення молекул C₂, C₃ і CN з кометного ядра за спектром, одержаним 5 квітня 2002 р.

3. В спектрах комети було ототожнено емісійні лінії нейтральної молекули CO (триплетні смуги $d^3\Delta_i - a^3\Pi_r$, смуги Асунді $a'^3\Sigma^+ - a^3\Pi_r$ і смуги Германа $e^3\Sigma^- - a^3\Pi_r$), можливо, встановлена присутність негативного іона C₂⁻.

1. Churyumov K.I., Lukyanyk I.V., Bereznoi A.A., Chavushyan V.H., Sandoval L., Palma A. Optical Spectroscopy of Comet C/2000 WM1 (LINEAR) at the Guillermo Harro Astrophysical Observatory in Mexico // Earth, Moon and Planets. — 2002. — **90**. — P. 361–368.
2. Picazzio E., de Almeida A., Churyumov K.I., Andrievskii S.M., Lukyanyk I.V. The Optical Spectroscopy and Near Infrared Observations of Comet C/2000 WM1 (Linear) in December, 2001 in Chile and Brazil // Earth, Moon and Planets. — 2002. — **90**. — P. 391–400.
3. Афанасьев В.Л. Физические характеристики нейтральной комы кометы Абе, 1970g // Проблемы космической физики. — 1974. — вып. 9. — С. 120–129.
4. Шульман Л.М. Распределение плотности нейтрального вещества в атмосфере кометы // Астрометрия и Астрофизика. — 1970. — № 1.- С. 15–26.
5. Hazer L. Distribution d'intensite dans la tête d'une comète // Bull. Sci. Acad. Roy. Belgique. Class des Sciences. — 1957. — **43**, № 10. — P. 740–750.

Надійшла до редакції 5.08.2003