

УДК 523.61, 523.64

Оптическая спектроскопия кометы 103P/Hartley 2 в жовтні 2010 року

К.І. Чурюмов¹, В.О. Пономаренко¹, В.В. Клещенок¹, А.М. Мозгова¹, М.А. Кузнецов²

¹Астрономічна обсерваторія та кафедра астрономії і фізики космосу фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка

²Головна астрономічна обсерваторія НАН України

26-28 жовтня 2010 року за допомогою 2-м телескопа-рефлектора Zeiss та спектрографа з ешелле були отримані сімнадцять оптичних спектрів комети 103P/Hartley 2 з середньою роздільною здатністю. Спостереження проводилися на високогірній спостережній станції "Терскол" Інституту астрономії РАН та Головної астрономічної обсерваторії НАН України. Комета знаходилася на геліоцентричній відстані 1.06 а.о. і геоцентричній відстані 0.13 а.о., мала інтегральну зоряну величину $m_1 = 9.1^m$. Побудовано розподіл енергії в спектрах комети 103P та виконана детальна ідентифікація емісійних кометних ліній. Також в спектрі комети виявлено люмінесцентний континуум та визначено його фізичні параметри. Варто відмітити, що короткоперіодична комета 103P/Hartley 2 сімейства Юпітера була ціллю космічної місії "ЕРОХІ" в 2010 році.

ОПТИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ КОМЕТЫ 103P/Hartley 2 В ОКТЯБРЕ 2010 РОКУ, Чурюмов К.И., Пономаренко В.А., Клещенок В.В., Мозговая А.М., Кузнецов М.А. — 26–28 октября 2010 года с помощью 2-м телескопа-рефлектора Zeiss и спектрографа с эшелле были получены семнадцать оптических спектров кометы 103P/Hartley 2 со средней разрешающей способностью. Наблюдения проводились на высокогорной наблюдательной станции "Терскол" Института астрономии РАН и Главной астрономической обсерватории НАН Украины. Комета находилась на гелиоцентрическом расстоянии 1.06 а.е. и геоцентрическом расстоянии 0.1 а.е., имела интегральную звездную величину $m_1 = 9.1^m$. Построено распределение энергии в спектрах кометы 103P и проведена детальная идентификация эмиссионных кометных линий. Также в спектре кометы обнаружен люминесцентный континуум и определены его физические параметры. Следует отметить, что короткопериодическая комета 103P/Hartley 2 семейства Юпитера была целью космической миссии "ЕРОХІ" в 2010 году.

OPTICAL SPECTROSCOPY OF COMET 103P/HARTLEY 2 ON OCTOBER 2010, by Churyumov K.I., Ponomarenko V.O., Kleshchonok V.V., Mozgova A.M., Kuznetsov M.A. — Seventeen middle-resolution optical spectra of comet 103P/Hartley 2 were obtained on 26–28 October 2010 with the help of the 2-m Zeiss reflector and echelle-spectrograph of the High-mountain astronomical station of Institute of Astronomy of Russian Academy of Sciences and Main Astronomical Observatory of National Academy of Sciences of Ukraine at Peak Terskol. The comet was at heliocentric distance 1.06 A.U. and geocentric one 0.13 A.U. and had the integral magnitude equal to $m_1 = 9.1^m$. We built the energy distribution in the spectra of comet 103P and made the detailed identification of the spectral emission lines in these spectra. Also in the spectra of comet we found out luminescent continuum in and determined some physical parameters of luminescent continuum. Short period comet 103P/Hartley 2 of Jupiter's comet family was the target of the space mission "ЕРОХІ" in 2010.

Ключевые слова: комета 103P/Hartley 2; спектр; эмиссионные линии; люминесцентный континуум.

Key words: comet 103P/Hartley 2; spectrum; emission lines; luminescent continuum.

1. ОСОБЛИВОСТІ КОМЕТИ 103P/Hartley 2 ТА УМОВ ЇЇ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Короткоперіодична комета 103P/Hartley 2 належить до сімейства Юпітера та має період обертання 6,46 роки. Діаметр ядра комети від 1,2 до 1,6 км, альbedo 0,028, афелій — 5,87 а.о., перигелій — 1,05 а.о. Комета була відкрита 15 березня 1986 року Малкольмом Хартлі за допомогою Британського Телескопа Шмідта в обсерваторії Сайдинг-Спрінг (Австралія). Він оцінив блиск комети від 17^m до 18^m зоряної величини, а також відмітив слабо видимий хвіст. З моменту відкриття комета спостерігалась при кожному поверненні [9]. В 2010 році комета 103P/Hartley 2 була ціллю космічної місії "ЕРОХІ".

Спостереження комети 103P були проведені 26–28 жовтня 2010 року на високогірній спостережній станції "Терскол" Інституту астрономії РАН та Головної астрономічної обсерваторії НАН України за допомогою 2-м телескопа-рефлектора Zeiss та спектрографа. Щілина спектрографа мала висоту 11,3 arcsec та ширину 3 arcsec. Об'єкт спостереження знаходився на геліоцентричній відстані $r = 1,06$ а.о., геоцентричній відстані $\Delta = 0,13$ а.о., мав кутові розміри $\approx 0,017^\circ$, інтегральну зоряну величину $m_1 = 9.1^m$, кут елонгації S–O–T = 116° , фазовий кут S–T–O = 56° , швидкість відносно Сонця 37,7 км/с, відносно Землі — 11,5 км/с. З 25/26 жовтня 2010 року були отримані 9 ешелле-спектрів з експозицією 30 хв. і роздільною здатністю $R = 13000$ ($\approx 0,1$ arcsec/pixel CCD). З 26/27 жовтня 2010 року були отримані 8 щільових спектрів з експозицією 30 хв. і роздільною здатністю $R = 1500$ (≈ 1 arcsec/pixel CCD).

2. ОБРОБКА СПЕКТРІВ КОМЕТИ 103P/Hartley 2

Отримані CCD спектри комети 103P/Hartley 2 були оброблені за допомогою програмного забезпечення DECH95, DECH20T та MATLAB. DECH дозволяє виконувати редукцію CCD зображень і враховувати рівень bias, вплив випромінювання космічних частинок, плоскі поля і вклад нічного неба [4]. Для ідентифікації спектральних емісійних кометних ліній ми використовували список спектральних емісійних ліній з каталогів Cochran (2001) [1] та Brown et al. (1996) [2]. Ідентифікація емісійних ліній була прове-

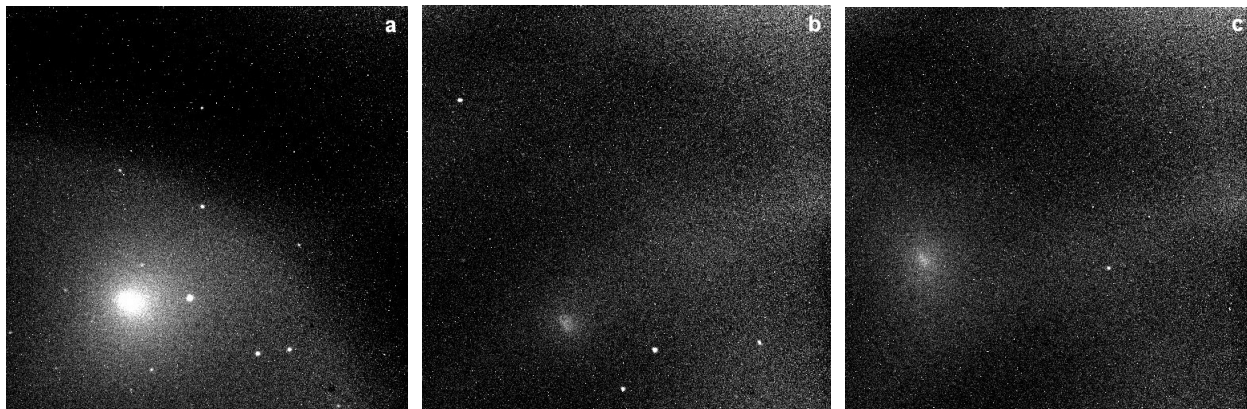


Рис. 1. Знімок комети 103P/Hartley 2 отриманий на спостережній станції «Терскол» 25.10.2010 р. за допомогою телескопа Zeiss-600: а) вузькосмуговий фільтр C2; б) вузькосмуговий фільтр C3; в) вузькосмуговий фільтр CN

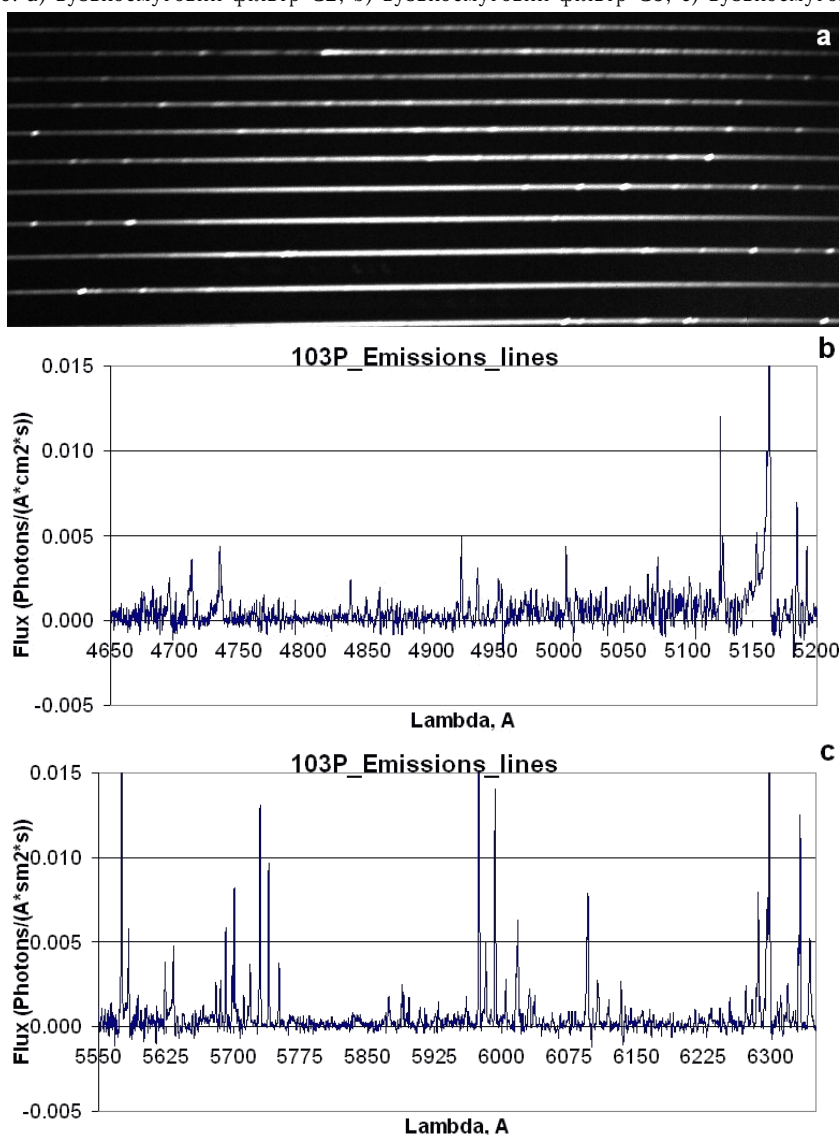


Рис. 2. а — зображення ешелє-спектра комети 103P; б, в — чистий емісійний ешелє-спектр комети 103P з $(\lambda/\Delta\lambda) = 13000$ на 26 жовтня 2010 року

дена в спектрах, отриманих з 25/26 жовтня 2010 року з роздільною здатністю $R=13000$ (для діапазону довжин хвиль 4690–7000Å). Загалом було ототожнено 1795 емісій, а саме: C_2 — 928, NH_2 — 162, CN — 24, H_2O^+ — 25. Значна частина ліній залишилась неототоженою (651).

3. ПОШУК І ВИЯВЛЕННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО КОНТИНУУМУ У СПЕКТРАХ КОМЕТИ 103P

Вважається, що кометний спектр складається з двох компонентів. Перший компонент — емісійні лінії атомів, молекул, іонів в кометній атмосфері. Другий — відбите від кометного пилу сонячне випромінювання. Другий компонент повинен в основних рисах повторювати сонячний спектр, оскільки оптичні якості пилу змінюються плавно з довжиною хвилі. Однак в багатьох кометах фраунгоферові лінії поглинання мають меншу глибину, ніж в спектрі Сонця. Назвемо декілька можливих причин такого явища:

1. Недостатня роздільна здатність приладів.
2. Невідомі емісійні лінії, які накладаються на лінії поглинання в сонячному спектрі.

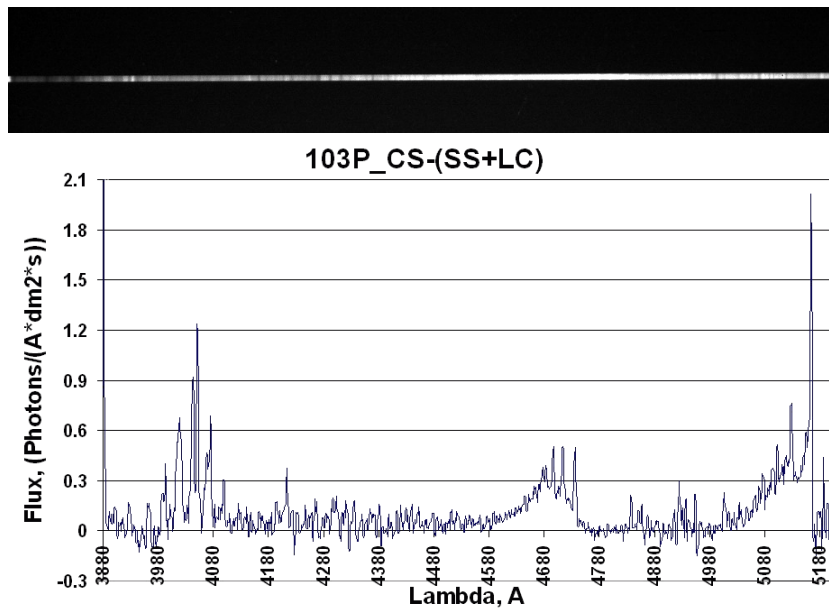


Рис. 3. а — зображення щільного спектра комети 103P; б — чистий емісійний спектр комети 103P з $(\lambda/\Delta\lambda) = 1500$ на 27 жовтня 2010 року

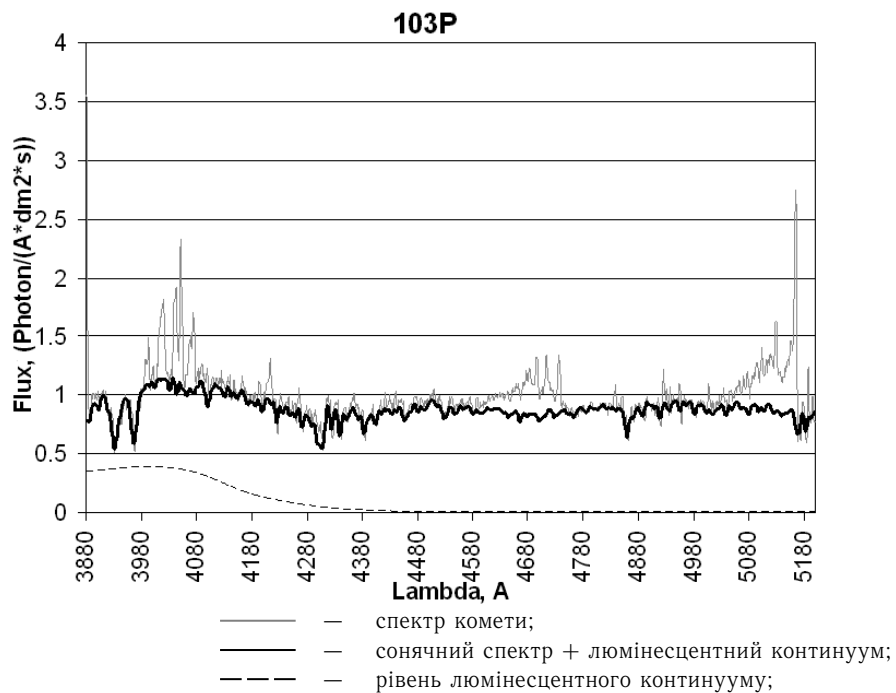


Рис. 4. Виявлення кометного люмінесцентного континууму в спектрі комети 103P, яка спостерігалась 27 жовтня 2010 року

3. Розсіяння світла в самому спектральному приладі.

4. Люмінесценція кометного пилу, яка дає додатковий неперервний спектр без ліній поглинання.

Для коректного врахування спектральної роздільної здатності даного спектрографа спочатку брався сонячний спектр з високою роздільною здатністю 0.02\AA [1]. З нього з кроком і спектральною роздільною здатністю, аналогічними кометному спектру, за допомогою операції згортки розраховувався новий спектр Сонця. Про допустимість такого підходу свідчить те, що фраунгоферові лінії мають однакову (в межах помилок) ширину в розрахованому і кометному спектрах. Однак глибина ліній істотно менше в кометному спектрі. Це означає, що перший фактор не може пояснити спостережуваних особливостей кометного спектра. Додатковим аргументом на користь цього твердження служить той факт, що ефект спостерігається в кометних спектрах, отриманих з високою роздільною здатністю на ешелє-спектрографах.

Друга причина також не може пояснити спостережуваний ефект, оскільки він проявляється в широкій спектральній області.

Розсіяння світла в спектрографі не може забезпечити значне зменшення глибини фраунгоферових ліній, яке спостерігається в деяких кометах. До того ж схожий ефект спостерігається на різних спектрографах.

Виходячи з даного обговорення, автори приймають люмінесценцію кометного пилу як явище, яке може пояснити всю сукупність спостережених даних для кометного континууму.

Роздільно визначити вклади від сонячного спектра і люмінесцентного континууму можна за формулою:

$$i_c(\lambda) = k \cdot i_s(\lambda) + i_l,$$

де $i_c(\lambda)$ — спостережуваний кометний спектр, $i_s(\lambda)$ — обчислений сонячний спектр, k — коефіцієнт, який враховує вклад люмінесцентного континууму, i_l — рівень люмінесцентного континууму.

Вперше люмінесцентний континуум було виявлено Г.К. Назарчук в спектрі комети 1P/Halley, який виявив два основних максимуми на довжинах хвиль 395 та 510 нм [1, 2]. Вони були частиною розсіяного сонячного континууму.

Дослідження спектрів комети 103P/Hartley 2 показало наявність континууму несонячного походження в спектральній області $3850 - 5200\text{\AA}$.

На рис. 4 і рис. 5 видно, що максимум люмінесцентного континууму в кометі 103P/Hartley 2 припадає на 393 нм. На цій довжині хвилі інтенсивність континууму несонячного походження досягає 40% від загального світлового потоку. Ми вважаємо, що в спектрах комети Hartley 2 виявлений реальний люмінесцентний континуум, пов'язаний з люмінесценцією різновиду кометної органіки, яка входить до складу кометних пилових частинок (CHON-частинок). Вірогідним претендентом на роль кометного люмінофора з максимумом 3930\AA є речовина пірен $C_{16}H_{10}$, яка має близький до цього максимум люмінесценції в лабораторних умовах.

4. ВИСНОВКИ

При обробці оптичних спектрів комети 103P/Hartley 2, отриманих 26–28 жовтня 2010 року, було побудовано енергетичний розподіл та проведено детальну ідентифікацію емісійних спектральних ліній в навіколядерній області комети. Також було виявлено люмінесцентний кометний континуум (несонячного походження). В діапазоні довжин хвиль ($3850\text{\AA} < \lambda < 5200\text{\AA}$) обчислені параметри люмінесцентного

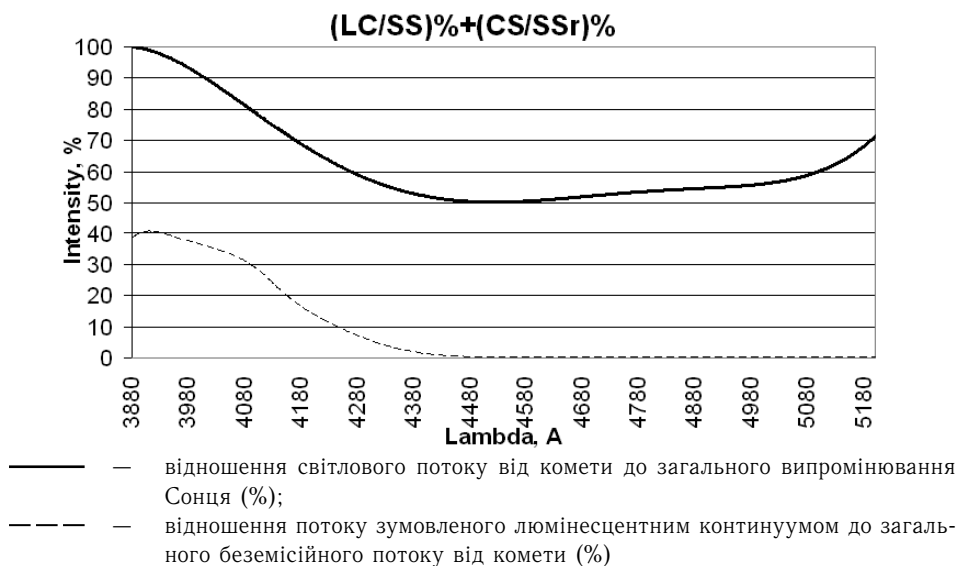


Рис. 5. Вклад люмінесцентного континууму в сонячний спектр для комети 103P/Hartley 2

континууму та розглянуті його особливості. Максимальний вклад люмінесценції в загальний світловий потік припадає на 3930\AA і складає близько 40%. Цей результат узгоджується з максимумом в континуумі виявленому Г. Назарчук у спектрі комети 1P/Halley і останніми нашими дослідженнями двох інших комет (81P/Wild 2 та C/2009 K5 (McNaught)). Вірогідним кандидатом на роль органічного люмінофора з максимумом 3930\AA є речовина пірен $C_{16}H_{10}$.

Подяки: Робота виконана за підтримки грантів РФФД 11-02-90440-Ukr_f_a, ДФФД F40_2-087 та ДФФД F40/264-2012.

1. *Brown M.E., Bouchez A.H., Spinrad H., Jons-Krull C.M.* High-resolution spectra catalogue of cometary emissions lines // *A.J.* — 1996. — **112** (3) — P. 1197–1202.
2. *Cochran A.* A high spectral resolution Atlas of comet 122P/de Vico. — 2001.
3. *Kurucz R.L., Furenlid I., Brault J., Testerman L.* Solar flux atlas from 296 to 1300 nm // *National Solar Observatory Atlas, Sunspot, New Mexico: National Solar Observatory.* — 1984.
4. *Shul'man L.M.* Distribution of neutral matter density in the cometary atmosphere // *Astrometry and Astrophysics (in Russian).* — 1970. — **11**. — P. 26–30.
5. *Lukyanyk I.V., Churyumov K.I.* Observations of Comet C/2001 A2 (Linear) with the multipupil fiber spectrograph // *Earth, Moon and Planets.* — 2002. — **90**, Is. 1–4. — P. 177–183.
6. *Churyumov K.I., Lukyanyk I.V., Afanasiev V.L., et al.* Exploration of the Comet 19/P Borrelly spectra, obtained with the MPFS and Scorpio of 6-m Telescope on Aug. 2001 // *Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors (Technical University Berlin. — Germany).* — 2002. — P. 657–660.
7. *Lukyanyk I.V., Churyumov K.I., Afanasiev V.L., et al.* Observation of Spectra and Monochromatic Images of Comet C/2001 A2 (LINEAR) // *Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors (Technical University Berlin. — Germany).* — 2002. — P. 717–720.
8. *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. 23–32.
9. <http://ru.wikipedia.org>

Надійшла до редакції 7.09.2012