

Виявлення люмінесцентного континууму в спектрах комет 9P/Темпеля 1 та C/2004 Q2 (Мачхольца)

Л.С. Чубко³, К.І. Чурюмов¹, В.Л. Афанасьєв², І.В. Лук'яник¹, В.В. Клецонок¹

¹Астрономічна обсерваторія Київського національного університету

²Спеціальна астрофізична обсерваторія академії наук РФ, Нижній Архиз

³Національний авіаційний університет, Київ

В спектрах комет 9P/Темпеля 1 і Мачхольца (C/2004 Q2) виявлено люмінесцентний кометний континуум, пов'язаний із люмінесценцією органічних молекул, що містяться в кометних частинках пилу. Для комети 9P/Темпеля 1 рівень люмінесцентного кометного континууму складає 30% від рівня загального кометного континууму з максимумом поблизу $\lambda \approx 5250\text{Å}$ і для комети Мачхольца (C/2004 Q2) рівень кометного люмінесцентного континууму складає 46% від рівня загального кометного континууму з максимумом поблизу $\lambda \approx 6300\text{Å}$.

ОБНАРУЖЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО КОНТИНУУМА В СПЕКТРАХ КОМЕТ 9P/Темпеля 1 И C/2004 Q2 (МАЧХОЛЦА). Чубко Л.С., Чурюмов К.И., Афанасьев В.Л., Лукьяник И.В., Клецонок В.В. — В спектрах комет 9P/Темпеля 1 и Мачхольца (C/2004 Q2) обнаружен люминесцентный кометный континуум, связанный с люминесценцией органических молекул, которые содержатся в кометных частицах пыли. Для кометы 9P/Темпеля 1 уровень люминесцентного кометного континуума составляет 30% от уровня общего кометного континуума с максимумом вблизи $\lambda \approx 5250\text{Å}$ и для кометы Мачхольца (C/2004 Q2) уровень кометного люминесцентного континуума составляет 46% от уровня общего кометного континуума с максимумом вблизи $\lambda \approx 6300\text{Å}$.

DETECTION OF COMETARY LUMINESCENCE CONTINUUM IN SPECTRA OF COMETS 9P/Tempel 1 AND C/2004 Q2 (MACHHOLZ), by Chubko L.S., Churyumov K.I., Afanasiev V.L., Lukyanyuk I.V., Kleshchenok V.V. — In the spectra of comets 9P/Tempel 1 and C/2004 Q2 (Machholz) were detected luminescence cometary continuum tied with the luminescence of carbon molecules which have contained in comet dust particles. For comet Tempel 1 (9P) on March 14–15, 2005 the level of the non-solar-origin continuum equal to 10–15% of the sum continuum level at 500 nm. For comet Machholz (C/2004 Q2), in March 14–15, 2005 the level of the non-solar-origin continuum equal to 30% of the sum continuum level at 450 nm, 15% — at 550 nm.

1. ВСТУП

Комета 9P/Темпеля 1 — основна ціль космічної місії “Діп Імпакт” — спостерігалась з допомогою редуктора світлосили первинного фокусу СКОРПІО (SCORPIO), встановленого на 6-м телескопі САО РАН 16–17 березня 2005 (п.Пастухов, Нижній Архиз, Північний Кавказ, РФ). Спостереження були отримані за 2.5 місяці до зіткнення мідного ударника КА “Діп Імпакт” з 6-метровим ядром короткоперіодичної комети 9P/Tempel 1. Протягом тієї ж ночі ми спостерігали спектри нової комети C/2004 Q2 (Machholz).

Ми припускаємо, що в спектрах комет 9P/Tempel 1 та Machholz (C/2004 Q2) ми виявили справжній люмінесцентний кометний континуум (не сонячного походження) від люмінесценції органічних молекул, присутніх в кометних частинках пилу (CHON-частинках).

Проведено детальне ототожнення емісійних ліній в отриманих спектрах. Обчислено фізичні параметри кометної нейтральної атмосфери (швидкості витікання, час життя та газопродуктивність молекул CN, C₂ та C₃).

2. СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ КОМЕТНИХ СПЕКТРІВ

Спостереження короткоперіодичної комети 9P/Tempel 1 проводились з Спектральною камерою з оптичним редуктором для фотометричних та інтерферометричних спостережень (SCORPIO), що встановлена в прямому фокусі 6-м телескопу Спеціальної астрофізичної обсерваторії Російської академії наук 16–17 березня 2005 р. (Нижній Архиз, Північний Кавказ, Росія) [1]. Спостереження були проведені за 2.5 місяці до удару мідного ударника КА Deep Impact в 6-м ядро короткоперіодичної комети 9P/Tempel 1. Протягом тих же ночей ми також спостерігали спектри нової комети C/2004 Q2 (Machholz). Цікаво, що ця комета C/2004 Q2 (Machholz) потрапила в поле зору сонячної та геліосферної обсерваторії (SOHO) 16 лютого 2005 (за місяць до наших спостережень).

Таблиця 1. Дані спостережень для комет 9P/ Tempel 1 та C/2004 Q2 (Machholz)

Час, UT	r , AU	Δ , AU	Час експозиції, с	Фазовий кут, °	Комета
15.03.2005 21:56 UT	1.85	0.91	600	14.6	9P/Tempel 1
15.03.2005 20:56 UT	1.4303	0.9246	600	43.7	C/2004 Q2 (Machholz)

Чотири спектри комети C/2004 Q2 (Machholz) та два спектри комети 9P/Tempel 1 були отримані протягом ночі 14-15 березня 2005 з допомогою 6-м телескопу САО РАН. Місцезнаходження обсерваторії: Zelenchukskaya 115 ($41^{\circ} 26' 29,8''E$, $43^{\circ} 39' 11,8''N$, 2053.4 m). Фокальний редуктор СКОРПІО (SCORPIO) був використаний разом з довгою щілиною (довжина щілини 2 аркмінути, ширина — 1 арксекунда). Дані спостережень для комет C/2004 Q2 (Machholz) та 9P (Tempel 1) наведено в табл. 1.

3. ВИЗНАЧЕННЯ КОМЕТНОГО ЛЮМІНЕСЦЕНТНОГО КОНТИНУУМУ В СПЕКТРАХ КОМЕТ C/2004 Q2 (MACHHOLZ) ТА 9P/TEMPEL 1

Вперше люмінесцентний континуум був виявлений в спектрі комети Галлея (1P) Галиною К. Назарчук [1,2]. Автори дослідили спектри комет 9P/Tempel 1 та C/2004 Q2 (Machholz) з метою визначити дійсний рівень континууму несонячного походження в спектральній області 3500–6000Å. Спектри цих комет спостерігались з допомогою 6-м телескопу та спектрографу СКОРПІО з довгою щілиною в САО РАН.

В спектрах кількох комет, що мають високе просторове і спектральне розділення було відмічено, що еквівалентна ширина основних фраунгоферових ліній менша за лінії в спектрі Сонця [3–6].

Такий феномен пов'язаний з присутністю додаткового компоненту в спектрі кометного випромінювання. Джерелом цього додаткового випромінювання може слугувати люмінесценція органічних кометних частинок. Про це свідчить той факт, що просторовий розподіл цього джерела виявляє дуже сильну концентрацію до кометного ядра. Крім того, для органічних матеріалів характерне люмінесцентне світіння при освітленні їх ультрафіолетовим випромінювання. На жаль, люмінесцентне світіння в цьому випадку має широкий спектр без значних особливостей, що утруднює ідентифікацію матеріалу, що випромінює.

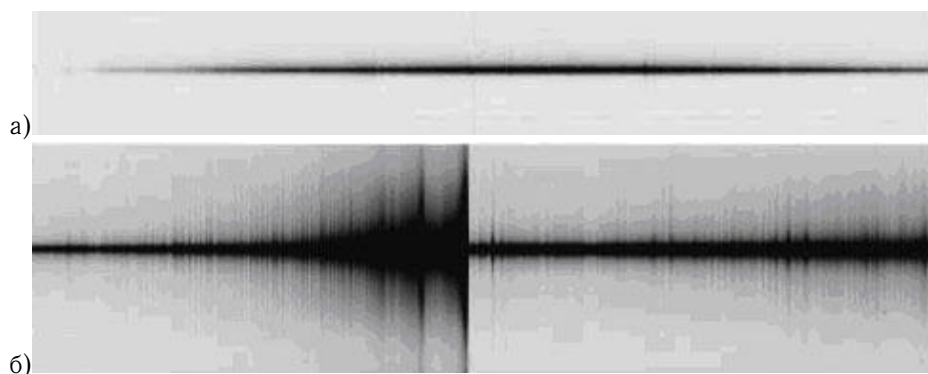


Рис. 1. Спектри комет 9P/Tempel 1 (а) та C/2004 Q2 (Machholz) (б) 14–15 березня 2005 р.

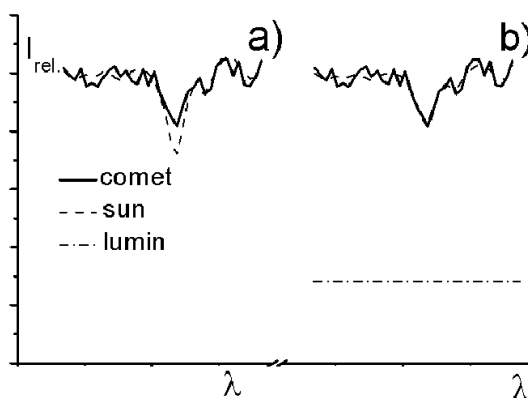


Рис. 2. Виявлення люмінесцентного континууму в кометному спектрі: а) стандартний метод визначення рівня відбитого сонячного спектру; б) рівень сонячного континууму при врахуванні люмінесцентного континууму кометного пилу.

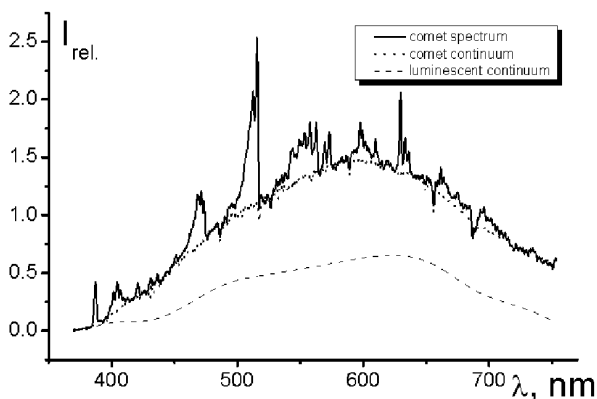


Рис. 3. Спектр комети Мачхольца з визначеним кометним континуумом та люмінесценцією кометного пилу.

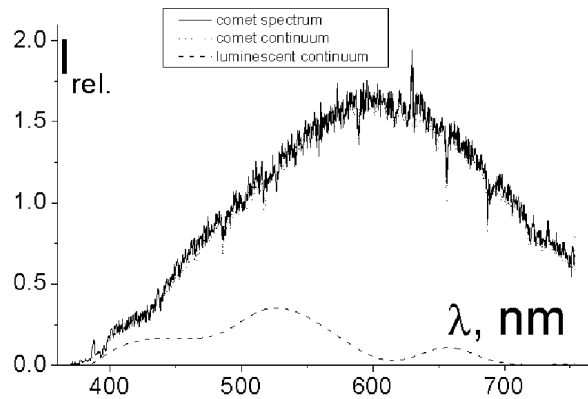


Рис. 4. Спектр комети 9P/Tempel 1 з визначеним кометним континуумом та люмінесценцією кометного пилу.

Таким чином, кометний спектр I_{com} складається з трьох компонентів:

$$I_{\text{com}}(\lambda) = I_e(\lambda) + I_s(\lambda) + I_l(\lambda),$$

де I_e — емісійний кометний спектр, I_s — сонячний спектр, відбитий кометним пилом, I_l — кометний люмінесцентний континуум.

Для визначення рівня люмінесцентного континууму вибираються ділянки, де відсутні сильні емісійні лінії. В цьому випадку можна вважати $I_e \approx 0$. На цих ділянках спектра приймається, що рівень люмінесцентного континууму не змінюється. Таким чином, для виділених ділянок кометного спектра можна прийняти:

$$I_{\text{com}}(\lambda) = kI_f(\lambda) + l,$$

де $I_f(\lambda)$ — відомий спектр Сонця, який розраховується з врахуванням спектрального розділення кометного спектра і його дискретності, k — коефіцієнт, який характеризує відбивну здатність кометного пилу, l — інтенсивність люмінесцентного континууму. На практиці підбираються параметри k і l таким чином, щоб отримати найкраще узгодження з ділянкою кометного континууму (рис. 2). Об'єднуючи дані по рівню люмінесцентного континууму для різних спектральних ділянок, можна вивчити поведінку люмінесцентного континууму в усьому кометному спектрі.

Дана методика використовувалась для вивчення люмінесцентного континууму в спектрах комет Мачхольца і Темпель-1.

Максимум люмінесцентного континууму комети C/2004 Q2 (Machholz) знаходиться поблизу 630 нм. В цій області його інтенсивність досягає 46% від рівня загального кометного континууму.

Максимум інтенсивності кометного люмінесцентного континууму знаходиться поблизу $\lambda \approx 525$ нм. В цій спектральній області інтенсивність кометного люмінесцентного континууму рівна 30% від загального кометного континууму (42% від інтенсивності фраунгоферового спектру).

Для комети 9P/Tempel 1 рівень люмінесцентного кометного континууму складає 30% від рівня загального кометного континууму з максимумом поблизу $\lambda \approx 525$ нм.

4. ВИСНОВКИ

Ми припускаємо, що в спектрах комет 9P/Tempel 1 і Machholz (C/2004 Q2) ми виявили справжній люмінесцентний кометний континуум пов'язаний із люмінесценцією органічних молекул, що містяться в кометних частинках пилу. Для комети 9P/Tempel 1 рівень люмінесцентного кометного континууму складає 30% від рівня загального кометного континууму з максимумом поблизу $\lambda \approx 5250 \text{ \AA}$ і для комети Machholz (C/2004 Q2) рівень кометного люмінесцентного континууму складає 46% від рівня загального кометного континууму з максимумом поблизу $\lambda \approx 6300 \text{ \AA}$. Порівняння спектрів двох комет показує, що “нова” комета C/2002 Q2 в Оортівському змісті має вищий рівень люмінесцентного континууму і тому більшу кількість органічних люмінофорів (CHON-частинок), ніж “стара” виснажена короткоперіодична комета 9P/Tempel 1.

1. Nazarchuk, H.K.:1987a, The luminiscent dust particles in the comet Halley (1982i) atmosphere, *Kometnyj Tsirkulyar*, 372, p. 2.
2. Nazarchuk, H.K.:1987b, Verification of the hypothesis about the luminiscent dust particles in the comet Halley atmosphere, *Kometnyj Tsirkulyar*, 377, p. 2.

3. *Churyumov K.I., Kleshchenok V.V., Vlassyuk V.V.* Spectral observations of comet P/Schaumasse (1992x) with the 6-meter telescope BTA // *Pisma v Astronomicheskij Journal*. — 1994. — **20**, 9. — P.719–721.(in Russian)
4. *Churyumov K.I., Kleshchonok V.V., Mussaev F.A., Bikmaev I.F., Galazutdinov G.H.* Observations of high resolution spectra of comet Hale-Bopp (C/1995 O1) at the SAO of the RAS. *Earth, Moon and Planets*, 1999, 78, 1, P.105-110.
5. *Churyumov K.I., Lukyanyk I.V., Afanasiev V.L., Moiseev A.V.* 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 (ACM 2002)*, 29 July-2 Aug. 2002, Technical University Berlin, Berlin, Germany (ESA-SP-500, November 2002, P. 657-660
6. *Lukyanyk I.V., Churyumov K.I., Afanasiev V.L., Moiseev A.V.* Observation of Spectra and Monochromatic Images of Comet C/2001 A2 (LINEAR)// *Proceedings of Asteroids, Comets, Meteors (ACM 2002)*, 29 July-2 Aug. 2002, Technical University Berlin, Berlin, Germany (ESA-SP-500, November 2002, P.717–720.

Надійшла до редакції 18.10.2009