



ISSN 1607–2855

Том 4 · № 2 · 2003 С. 83–87

УДК 520.84, 520.87

## Про спектральні зміни в кометі C/1999 S4 (LINEAR)

Л.С. Чубко, К.І. Чурюмов, І.В. Лук'яник, В.В. Клещенко

Астрономічна обсерваторія Київського національного університету імені Т.Г.Шевченка

*Спектри комети C/1999 S4 (LINEAR) було отримано 22–28 липня 2000 р. за допомогою 1-м телескопу Цейса в Спеціальній астрофізичній обсерваторії Російської Академії Наук. Обговорюються зміни в спектрах комети та виявлення люмінесцентного континууму.*

*О СПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ В КОМЕТЕ C/1999 S4 (LINEAR), Чубко Л.С., Чурюмов К.И., Лук'яник И.В., Клещенко В.В. — Спектры кометы C/1999 S4 (LINEAR) были получены с 23 по 28 июля 2000 г. в Специальной Астрофизической обсерватории Российской Академии наук с 1-м телескопом Цейса. Обсуждаются изменения в спектрах кометы и обнаружение люминесцентного континуума.*

*ABOUT CHANGES IN THE SPECTRA OF COMET C/1999 S4 (LINEAR), by Chubko L.S., Churyumov K.I., Luk'yanuk I.V., Kleshchonok V.V. — The spectra of comet C/1999 S4 (LINEAR) were obtained with the UAGS-spectrograph (and CCD) installed on the 1-m Zeiss reflector of the Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences on July 23–28, 2000. Changes in the spectra of comet C/1999 S4 (LINEAR) and detection of the luminescence continuum are discussed.*

### 1. ВСТУП

Комету C/1999 S4 (LINEAR) було відкрито в Лінкольнівській астрономічній лабораторії за допомогою 1-метрового рефлектора та ПЗЗ-камери 27 вересня 1999 р. (усюди зазначено всесвітній час UT) за програмою автоматичного пошуку астероїдів, що наближаються до Землі. До команди спостерігачів входили М.Блайт, Ф.Шеллі, М.Безпалко та М.Елоїтц. Комета знаходилась в сузір'ї Візничого і мала блиск 17.3–17.6 зор. величин. Першу параболичну орбіту комети обрахував директор Центрального Бюро астрономічних телеграм Б.Марсден. Виявилось, що комета рухається зворотнім рухом, оскільки нахил орбітальної площини до площини екліптики був більше 90°. На момент відкриття комета знаходилась на відстанях 4.2 а.о. від Сонця та 3.7 а.о. від Землі. Як показали розрахунки Марсдена, у комети виявилась невеликою перигелійна відстань  $\sim 0.76$  а.о., тому передбачалось, що у перигелії, тобто 26 липня 2000 р., її яскравість може досягнути 3–4 зор. величини.

Д.Шлейхер та К.Ебергарді 10–13 червня 2000 р. провели фотоелектричний з вузькосмуговими кометними фільтрами моніторинг комети C/1999 S4 (LINEAR) за допомогою 1.1-метрового телескопа Холла Ловеллівського університету у Вашингтоні та виявили помітні варіації газовиділення в цей період: 11 червня газовиділення з ядра комети зросло на 30–50% у порівнянні з рівнем газовиділення 10 червня, а ще через добу (12 червня) газовиділення стало нижче на 10%, ніж 10 червня.

Команда спостерігачів на телескопі ім. Хаббла, очолювана Х.Уївером, 5 липня виявила різке збільшення потоку випромінювання комети майже в 1.5 рази протягом 4-годинного інтервалу з 18<sup>h</sup>36<sup>m</sup> до 22<sup>h</sup>33<sup>m</sup>. Наступного дня (6 липня) в інтервалі з 17<sup>h</sup>12<sup>m</sup> до 21<sup>h</sup>20<sup>m</sup> потік випромінювання зменшився втричі у порівнянні з його максимальним значенням, що спостерігалось 5 липня. А ще через добу, 7 липня о 23<sup>h</sup>3<sup>m</sup>, потік випромінювання став в 7 разів меншим, ніж потік, що спостерігався 5 липня. Але найцікавішим було виявлення на зображеннях, отриманих за допомо-

гою телескопа ім.Хаббла, 7 липня вторинного фрагмента. Він знаходився на відстані 460 км від первинного ядра і рухався в протилежному до Сонця напрямку. Крім того, на цих зображеннях спостерігався також гострий яскравий плазмовий промінь, що нагадував аналогічну структуру у комети Хіякутаке (C/1999 B2) під час спалаху її блиску в кінці березня 1996 р. Спектральні спостереження, що проводились в цей же час за допомогою телескопа Хаббла, показали наявність типових кометних емісій: CO, C, C<sub>2</sub>, CS, H, O, OH, NH і, можливо, S<sub>2</sub>. Швидкість виділення парів води з ядра комети C/1999 S4 (LINEAR) досягла 6 липня значення  $1.2 \cdot 10^{29}$  молекул за секунду, що на порядок менше, ніж у комети Галлея в 1986 році й на два порядки менше, ніж у комети Хейла–Боппа в 1997 р. Швидкість виділення молекул чадного газу з ядра комети C/1999 S4 (LINEAR) 6 липня складала  $5 \cdot 10^{26}$  мол/с, що говорить про сильний дефіцит ядра комети цим летючим компонентом, у порівнянні з його багатою присутністю в ядрах комет Галлея й Хейла–Боппа.

К.Ліссе, Д.Кристіан, Л.Деннері з колегами 14 липня зареєстрували потік рентгенівського випромінювання  $6 \cdot 10^{14}$  ерг/с комети C/1999 S4. Вчені вважають, що рентгенівське випромінювання виникло в результаті обміну зарядами між кометними нейтральними частинками й іонами сонячного вітру. Сильна рентгенівська лінія на 570 еВ була пов'язана з обміном зарядом між кометною нейтральною частинкою й шестикратно іонізованими атомами кисню OVII в сонячному вітрі. Ряд інших рентгенівських ліній відносився до іонів NVI, NVII та ін. Також було виявлено, що потік рентгенівського випромінювання комети C/1999 S4 змінювався майже на порядок протягом кількох годин спостережень.

Всі ці спостереження показували, що в крижаному ядрі відбуваються якісь активні нестаціонарні процеси, які помітно підсилились в 20-х числах липня.

В період з 21 до 24 липня за допомогою радіоінтерферометра ВІМА (Берклі–Іллінойс–Меріленд Асоціація) вчені виявили емісійні радіолінії HCN. Газовиділення цієї молекули з ядра комети C/1999 S4 (LINEAR) складало декілька відсотків від газовиділення цієї ж молекули з ядра комети Хейла–Боппа.

М.Кіджер спостерігав комету 23, 24 й 25 липня за допомогою широкосмугових UBVRZ фільтрів на 1-метровому телескопі Каптейна на Канарських островах й відмітив, що зображення центрального згущення 23 і 24 липня за формою нагадувало “сльозу”, а яскравість комети за добу з липня 23.9 до 24.9 UT зменшилась втричі. Липня 25.9 UT конденсація розтягнулась довжиною 15'' в позиційному куті 80°. Через добу 26.9 липня довжина конденсації досягла 30'' і 27.9 липня 45–50''. На вечір 27 липня в конденсації був відсутній локальний пік яскравості, який би вказував на присутність субядра. Швидкість розширення конденсації складала  $\sim 40$  м/с і це вказувало на те, що вона складалась з твердих, а не газоподібних частинок. Газовий хвіст практично зник між 23 і 24 липня. Дж.Лікандро з колегами з Центра “Галілео” виявили на зображеннях, отриманих за допомогою Національного телескопа “Галілео” на Канарських островах 26.9 і 27.9 липня, що внутрішня кома стала стрімко видовжуватися в хвіст. В цей час в кометі вже не було чіткої центральної конденсації.

А.Філіппенко з колегами спостерігав 28 липня спектри комети C/1999 S4 за допомогою 3-метрового телескопа Шейна Лікської обсерваторії й не виявив на них жодної кометної емісії по-



**Рис. 1.** Повне руйнування крижаного ядра комет C/1999 S4 (LINEAR) 6 серпня 2000 г. (ESO, VLT)

рівняно з спектрами, отриманими 27 червня і 6 липня. Не було навіть слідів зазвичай яскравої емісії CN на 388 нм. Спостерігався лише інтенсивний відбитий сонячний спектр. Морфологічна особливість комети в цей день — відсутність зазвичай очевидної голови, котра завжди яскравіша за хвіст.

За допомогою космічного телескопа ім. Хаббла та VLT Європейської Південної обсерваторії

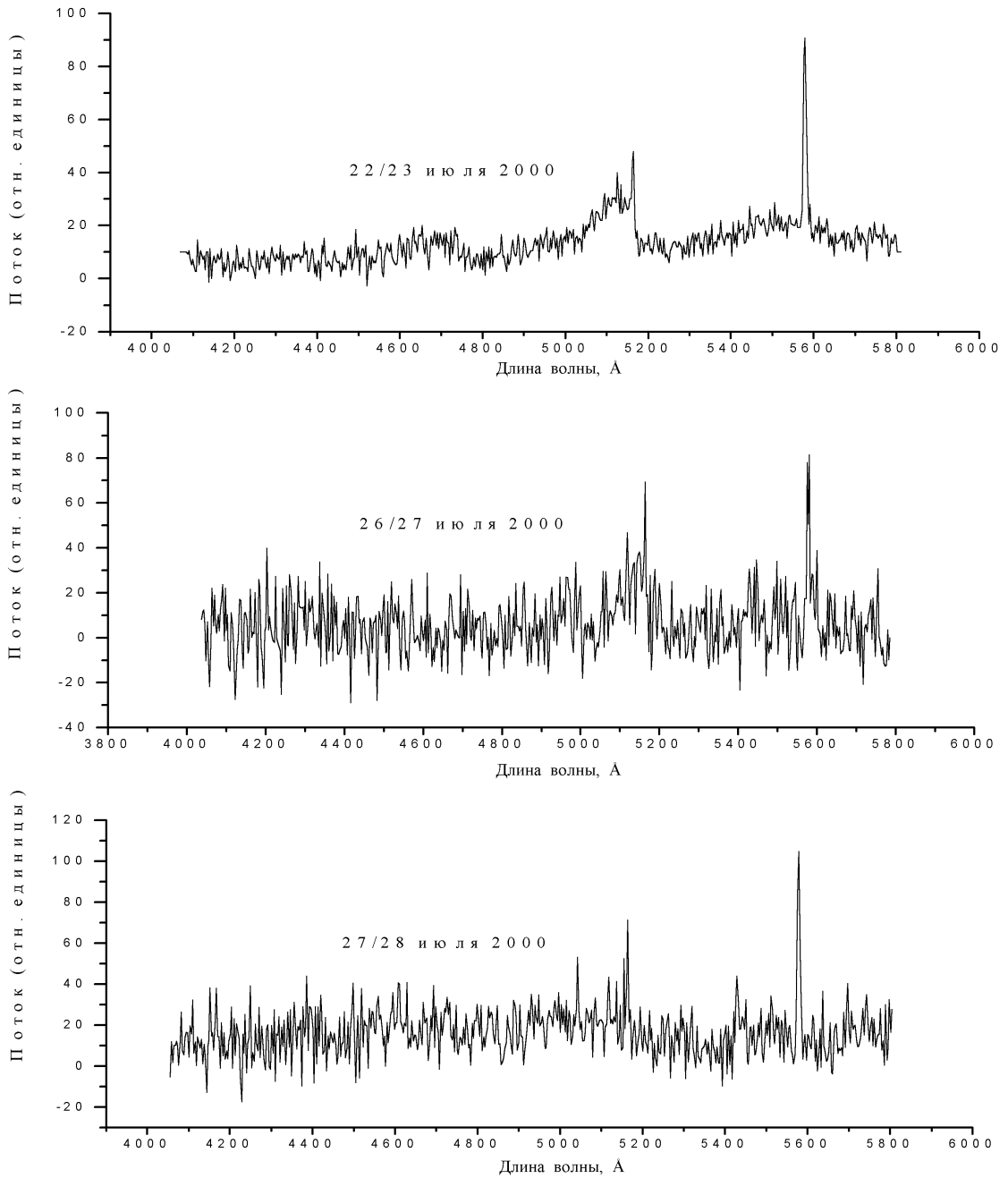


Рис. 2. Зміни в спектрі комети C/1999 S4 (Linear) під час розпаду її ядра

в Чилі були отримані останні зображення цієї комети. На цих зображеннях (на телескопі Хаббла спостереження отримано в інтервалі серпень 5.167–5.396 UT, а на VLT на горі Паранал — в інтервалі серпень 6.978–6.999 UT — рис. 1) видно більше десяти вторинних фрагментів різної яскравості, що розлітаються в різні боки. Оскільки спостереження отримано з інтервалом біля 1.5 доби, то на зображеннях VLT нема яскравого фрагмента, який добре видно на хабблівських знімках. Ці зображення добре демонструють факт катастрофічного вибуху, що відбувся в крижаному ядрі комети C/1999 S4 поблизу перигелію її орбіти. А останнє спостереження “вмираючої” комети було зроблено за допомогою телескопа ім. Хаббла протягом серпня 9.976–6.996 UT. На цьому останньому зображенні присутні два фрагменти: один  $24^m$  (R-величина) й другий повністю неактивний фрагмент діаметром 100 метрів й блиском  $25.9^m$  (R-величина). Після цього все, що залишилось від комети C/1999 S4 (LINEAR), — згустки пилу й газу, які продовжують ще рухатись по орбіті своєї повністю зруйнованої материнської комети у вигляді рою метеорних тіл. Але ці згустки вже не можуть спостерігатися навіть за допомогою телескопів Хаббла та VLT.

## 2. СПОСТЕРЕЖЕННЯ І ОБРОБКА СПЕКТРІВ КОМЕТИ C/1999 S4 (LINEAR) НА 1-М ТЕЛЕСКОПІ ЦЕЙСА В САО РАН

Спектральні спостереження комети C/1999 S4 (LINEAR) було проведено за допомогою 1-метрового телескопа САО РАН в липні та серпні 2000 р. в період розвитку в її ядрі активного процесу, що призвів до незвичайної фрагментації її крижаного ядра. Дослідження цих спектрів показали їх швидку й незвичайну змінність та дозволили встановити ряд особливостей спектральної еволюції комети C/1999 S4 (LINEAR) в період розвитку активного процесу в кометі, що призвів до повного розпаду її крижаного ядра й загибелі комети в серпні 2000 р. [1–4].

Комету спостерігали в період с 23 по 28 липня 2000 р. на 1-метровому телескопі (UAGS + CCD) САО РАН (с. Нижній Архиз, Карачаєво-Черкесія, Россія). Для спостережень використовувались: коліматор — параболічне дзеркало, камера Шмідта, F/0.9 ( $F = 110$  мм) F/4 ( $F = 300$  мм); ґратка — 651(8) штрихів/мм; лампа — HeNeAr; ПЗЗ-детектор — ISD015A (“Electron” St-Petersburg),  $530 \times 580$  пікселів; довжина щілини —  $140''$ ; лінійна дисперсія —  $3.1 \text{ \AA}/\text{px}$ ; шкала зображень —  $0.41 \text{ arcsec}/\text{px}$ ; розмір пікселя —  $18 \times 24$  мкм; спектральний діапазон —  $4000\text{--}6000 \text{ \AA}$ .

Протягом трьох ночей спостережень (22/23, 26/27 та 27/28 липня) було отримано 12 спектрів. Обробка проводилась за допомогою пакета “Long” ESO-MIDAS. Для калібрування використовувалась зірка-стандарт BD28.4211. Розподіл енергії в спектрах за три дати подано на рис. 2.

Ототоження кометних емісій проводилось за каталогом Брауна з співавторами [5]. Для спектрів, отриманих 23 липня, знайдено типові кометні емісії спостережуваного спектрального діапа-

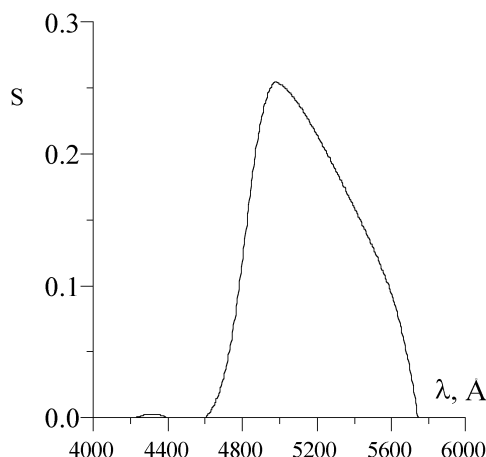


Рис. 3. Рівень флуоресцентного континууму

зону довжин хвиль:  $C_2$  (смуги Свана), CN,  $NH_2$  та ін.

На рис. 2 видно, що інтенсивність кометних емісій з 23 до 27 липня помітно знизилась, а 28 липня кометний спектр практично повністю відтворює відбитий сонячний спектр. Різке зменшення потоків в емісійних лініях підтверджується помітним зменшенням візуального блиску комети, яка характеризує світіння комети, в основному, в емісії  $C_2$  (0-0).

В спектрі комети C/1999 S4 нами також виявлено люмінесцентний континуум з максимумом яскравості поблизу 500 нм (рис. 3). В інших кометах, досліджених нами (Скоритченко-Джорджа, Шомасса і Хейла-Боппа), максимум люмінесцентного континууму був біля 430 нм. Очевидно, цей максимум пов'язаний з різними типами органічних люмінофорів, що відповідають за утворення люмінесцентного континууму, тобто континууму несонячного походження в кометах.

### 3. ВИСНОВКИ

1. Оброблено 12 високоякісних спектрів комети C/1999 S4 (LINEAR), отриманих 22–28 липня 2000 р. за допомогою спектрографа UAGS (+CCD) і 1-м телескопа Цейса САО РАН (Нижній Архиз, гора Пастухова).

2. Виявлено помітні зміни в розподілу енергії в спектрах комети, отриманих 22–28 липня 2000 р., які пов'язані із процесом руйнації ядра комети.

3. Виявлено люмінесцентний континуум з максимумом яскравості поблизу 500 нм.

1. *Churyumov K.I., Lukyanyk I.V.* Explorations of spectra of comet C/1999 S4 (LINEAR) obtained during splitting of its nucleus // IAU Colloquium №186 “Cometary Science After Hale-Bopp”, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, 21–25 January 2002. — Abstract Book. — P. 10.
2. *Guluev A.S., Churyumov K.I., Luk'yanyk I.V., Rzaev A.H., Mihailov H.M., Chubko L.S.* Identification of emission lines in the three high resolution spectra of comet C/1999 S4 (LINEAR) obtained July 21, 22 and 23, 2000 with 2-m reflector in Shamakha // CAMMAC, Vinnytsia. — 2002. — Abstract book. — P. 19.
3. *Churyumov K.I., Luk'anyk I.V.* Non-stationary processes in the comet C/1999 S4 (LINEAR): analysis of light curve and spectra // Visnyk Kyivskogo universytetu: “Astronomiya”. — Kyiv, 2002. — P. 42–47.
4. *Churyumov K.I., Lukyanyk I.V., Vlassyuk V.V., Borisov N.V.* Spectra of Split Comet C/1999 S4 (LINEAR) // Earth, Moon and Planets. — 2002. — **90**. — P. 42–48.
5. *Brown M.E., Bouchez A.H., Spinrad H., Johns-Krull C.M.* High-resolution spectra catalogue of cometary emissions lines // Astron.J. — 1996. — **112**, № 3. — P. 1197–1202.

Надійшла до редакції 28.07.2003