



ISSN 1607–2855

Том 7 • № 2 • 2011 С. 221 – 224

УДК 523.6

Морфологічні особливості пилових джетів в комі комети 81P/Вілда 2

К.І. Чурюмов, В.В. Клецонок, О.Р. Баранський, В.О. Пономаренко

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Виконано дослідження морфологічних особливостей внутрішньої коми комети 81P/Вілда 2 за спостереженнями 27–28 березня 2010 р. Зображення, отримані за допомогою вузькополосних фільтрів в основних кометних емісіях, не мають особливостей. На кадрах в інтегральному світлі за допомогою цифрової фільтрації знайдені два джети: південний, шириною $\sim 20^\circ$, і північний, шириною $\sim 80^\circ$. Из порівняння положень джетів за різні дати зроблений висновок про розташування більш вузького джета поблизу полюсу обертання ядра. В попередніх появах комети спостерігалася подібна картина розташування джетів, що свідчить про можливість тривалого існування активних ділянок на поверхні ядра комети.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЫЛЕВЫХ ДЖЕТОВ В КОМЕ КОМЕТЫ 81P/ВИЛДА 2, Чурюмов К.И., Клецонок В.В., Баранский О.Р., Пономаренко В.О. — Выполнены исследования морфологических особенностей внутренней комы кометы 81P/Вилда 2 по наблюдениям 27–28 марта 2010 г. Изображения, полученные с помощью узкополосных фильтров в основных кометных эмиссиях, не имеют особенностей. На кадрах в интегральном свете с помощью цифровой фильтрации обнаружены два джета: южный, шириной $\sim 20^\circ$, и северный, шириной $\sim 80^\circ$. Из сравнения положений джетов за разные даты сделан вывод о расположении более узкого джета вблизи полюса вращения ядра. В предыдущих появлениях кометы наблюдалась подобная картина расположения джетов, что свидетельствует о возможности длительного существования активных областей на поверхности ядра кометы.

MORPHOLOGICAL PECULIARITIES OF DUST JETS IN THE COMA OF COMET 81P/WILD 2, by Churyumov K.I., Kleschonok V.V., Baransky O.R., Ponomarenko V.O. — The researches of morphological features of the inner coma of comet 81P/Wild 2, based on the observations on 27–28 March 2010 were carried out. Images that were obtained with the help of narrow-band filters in the main cometary emissions have no peculiarities. Two jets were located by means of digital filtering at frames in white light: the south, with the width of $\sim 20^\circ$, and north, with the width of $\sim 80^\circ$. The conclusion about the location of the narrow jet near the rotation pole of the nucleus was made from a comparison of the locations of the jets for different dates. A similar pattern of location of jets was observed during the previous comet appearances. This can be evidence long-life active regions on the surface of the cometary nucleus.

Ключевые слова: физические свойства поверхности ядер комет; пылевые джеты.

Key words: physical properties of cometary nucleus surface; dust jets.

За оригінальними спостереженнями, виконаними 27–28.03.2010 р., було вивчено структуру коми в короткоперіодичній кометі 81P/Вілда 2, в якій було виявлені дві активних ділянки на поверхні ядра. Вісь обертання ядра комети на момент спостережень мала позиційний кут в картинній площині $\approx 127 \pm 5^\circ$. Порівняння з даними спостережень комети 81P/Вілда 2 за попередні роки вказує на тривалий час існування активних ділянок на поверхні ядра, які забезпечують вихід великої кількості пилу та газів з надр ядра комети і підтримують існування атмосфери (коми і хвостів) комети. Роздільно пилові і газові джети вперше було винайдено в кометі 1P/Галлея [1]. Потім подібні структури також спостерігалися в кометах С/1996 В2 Хякутаке, С/1995 О1 Гейла–Боппа, 109P/Свіфта–Туттля (найдені в довго-щілинних спектрах), С/2004 Q2 (Мейчхоулца), 19P/Борелли і 81P/Вілда з борту космічних апаратів Діп Спейс в 2001 р. і Стардаст в 2004 р., в кометі С/2005Е2(Макнота) в 2009 р. [2]. Висококоліміровані джети спостерігалися у комети 81P/Вільда (20 джетів) і у комети 103P/Хартлі декілька десятків тонких джетів, як з світлих, так і з темних ділянок і, навіть з термінатора. Джети комети Хартлі склалися з вуглекислого газу (CO_2), потужні потоки якого тягнули за собою пил та інші більш тугоплавкі заморожені гази, в тому числі і H_2O . Виявлення подібних джетів свідчить про наявність на поверхні кометного ядра дуже активних ділянок, темп викиду речовини із який значно перевищує аналогічні показники із сусідніх неактивних областей. Такі явища дуже цікаві для вивчення, оскільки вони дають часто єдино доступну інформацію про параметри обертання кометного ядра. Крім того, вони потребують детального теоретичного пояснення, яким чином вони утворюються і зберігають активність на протязі тривалого періоду.

В рамках міжнародної програми наземної підтримки космічної місії Стардаст, яка досліджувала короткоперіодичну комету 81P/Вілда з пролітної траєкторії 2 січня 2004 р. і захопила численні зразки кометної і міжзоряної пилової речовини, яку було доставлено на Землю 15 січня 2006 р., співробітниками відділу астрометрії і малих тіл (Баранським і Пономаренко) були проведені спостереження цієї

комети 81P/Вілда 28 березня і 4 квітня березня 2010 р. на високогірський спостережній базі ГАО НАНУ і ІНАСАН (РФ, пік Терскол) за допомогою рефлектора Цейс-600 з вузькосмуговими кометними фільтрами. Було отримано ряд кадрів з експозиціями 180 сек. Обробка отриманих зображень включала віднімання темного кадру і ділення на нормований кадр плоского поля. Для збільшення відношення сигнал/шум кометних зображень були додані всі кадри, які отримані з однаковим фільтром, з врахуванням зміщення комети. Потім від інтенсивності комети віднімався рівень фону, який визначався за сусідніми вільними ділянками зображення. На рис. 1 показано зображення комети у фільтрі С2, яке отримано за описаною процедурою.

На подібних таких зображеннях комети у основних кометних емісіях С2 і CN джетів не відмічається. Зображення виглядають доволі симетричними. Спостерігається витягнутість в напрямку від Сонця. В фільтрі кометного континууму комета була дуже слабою, і ці кадри не аналізувалися.

В період 27–28 березня 2010 р. проводилися також спектральні спостереження комети 81P/Вілда на 2-м телескопі. Паралельно були отримані зображення комети без фільтру за допомогою камери SBIG ST-402 на гіді телескопа з експозицією 60 сек. Масштаб отриманих зображень — $2.48''/\text{px}$. На цей час геліоцентрична відстань комети складала $r = 1.63$ а.о., геоцентрична відстань — $\Delta = 0.68$ а.о., позиційний кут радіус-вектора 277° , фазовий кут 16.3° , інтегральна зоряна величина комети ~ 11 mag.

Для покращення якості зображення перед обробкою проводилося додавання кількох кадрів. Комета після додавання 10 послідовних кадрів, з яких попередньо був віднятий темновий кадр, мала вигляд (рис. 2). Стрілкою позначено напрямок від Сонця.

До отриманих таким чином кадрів зображення були застосовані цифрові методи обробки для виділення деталей у внутрішніх ділянках коми. Було використано кілька алгоритмів цифрової обробки. Якщо поверхневу яскравість комети позначити як $B(r, \alpha)$, то можна записати алгоритми опрацювання за допомогою виразів:

а) $B(r, \alpha) - B(r, -\alpha)$ — віднімання дзеркального зображення. Кут α вимірюється відносно напрямку радіус-вектора комети. Така операція підкреслює асиметричність яскравості коми комети (рис. 3).

В даному випадку стає помітною різка асиметрія по відношенню до радіус-вектора: верхня (південна) ділянка коми показує значно більшу яскравість викидів. Характер асиметрії залишається однаковим для двох дат спостережень. Ми вважаємо, що не існує різкої відмінності між південною і північною півкулями ядра комети. В протилежному випадку ми мали би суттєву відмінність між зображеннями комети за різні дати внаслідок обертання ядра. Існує ще дві можливі причини появи значної асиметрії кометної коми. В першому випадку асиметрія залежить від напрямку обертання ядра. При цьому ділянки ядра, які довший час піддавалися сонячному опроміненню, повинні бути сильніше нагрітими і більше виділяти пилу і газу, що і може привести до різниці в яскравості. Друга причина пов'язана з розташуванням полюсу обертання ядра. Коли полюс розташований на південній півкулі таким чином, що значна ділянка поверхні ядра постійно опромінюється Сонцем, зрозуміло, що вона може прогріватися значно сильніше. В такому випадку природно очікувати більше викидів пилу і газу в напрямку південної півсфери. Якщо зважити на те, що асиметрія досить значна, спостерігається переважно в невеликому секторі коми, і фазовий кут комети досить малий, то другий варіант пояснення асиметрії вважається більш імовірним.

б) $B(r, \alpha + \Delta\alpha) - B(r, \alpha - \Delta\alpha)$ — простий цифровий фільтр для виділення кутовий градієнтів, який підкреслює радіальні джети. Ця методика опрацювання зображень комети запропонована Ларсоном та

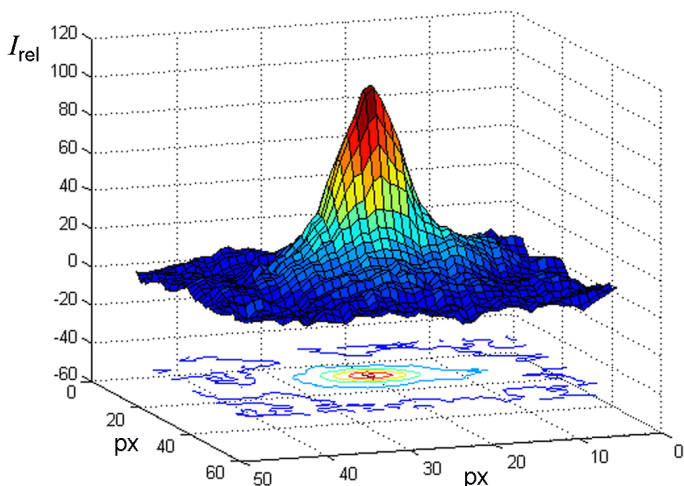


Рис. 1. Сумарне зображення комети 81P/Вілда 2 28.03.2011 у фільтрі С2

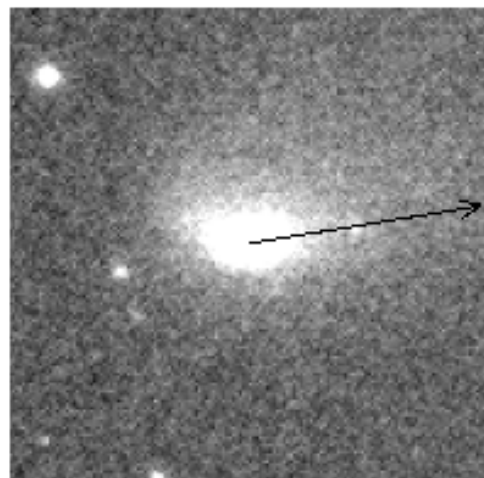


Рис. 2. Комета 81P/Вілда 2 27.03.2011 в інтегральному світлі

Таблиця 1. Параметри джетів в навколядерних ділянках комети комети 81P/Вілда 2.

№	Дата	Позиційний кут, град	Ширина, град.	Довжина, км
1	27.03.2011	125	18	$3.0 \cdot 10^4$
2	27.03.2011	320	84	$4.3 \cdot 10^4$
1	28.03.2011	130	20	$3.9 \cdot 10^4$
2	28.03.2011	316	69	$4.7 \cdot 10^4$

Секаніной [3]. Застосування цього цифрового фільтру дозволило виявити дві особливості в розподілі поверхневої яскравості (рис. 4). Для двох дат спостерігаються мало контрастні утворення у вигляді широкого струменя викиду вниз (північ) і більш вузького струменя викиду вгору (південь). Їх параметри наведені в табл. 1.

З таблиці видно, що положення джетів на різні дати майже не змінилося. Така поведінка джетів в комі підтверджує припущення про підвищення газо- і пило виділення з приполярної ділянки кометного ядра. В такому випадку позиційний кут в картинній площині осі обертання $\varepsilon \approx 127^\circ \pm 5^\circ$. Враховуючи,

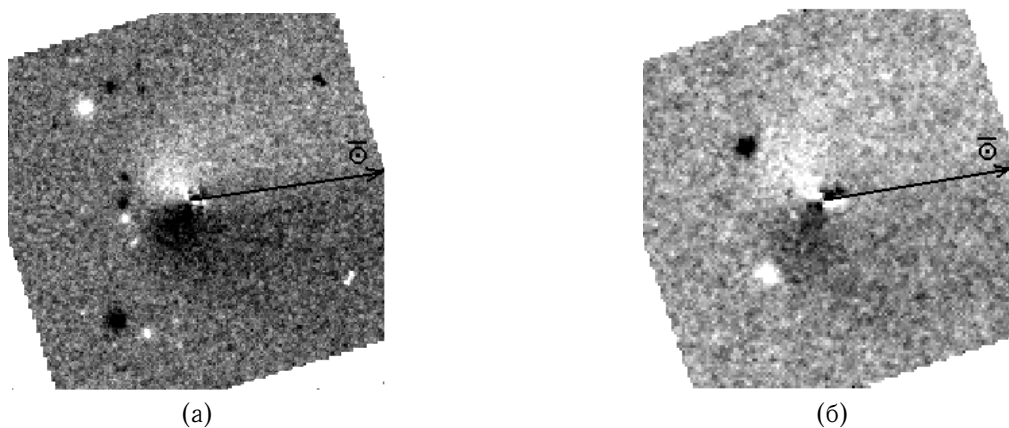


Рис. 3. Зображення комети 81P/Вілда 2 27.03 (а) та 28.03.2011 (б) після застосування цифрового фільтру для виділення асиметрії коми

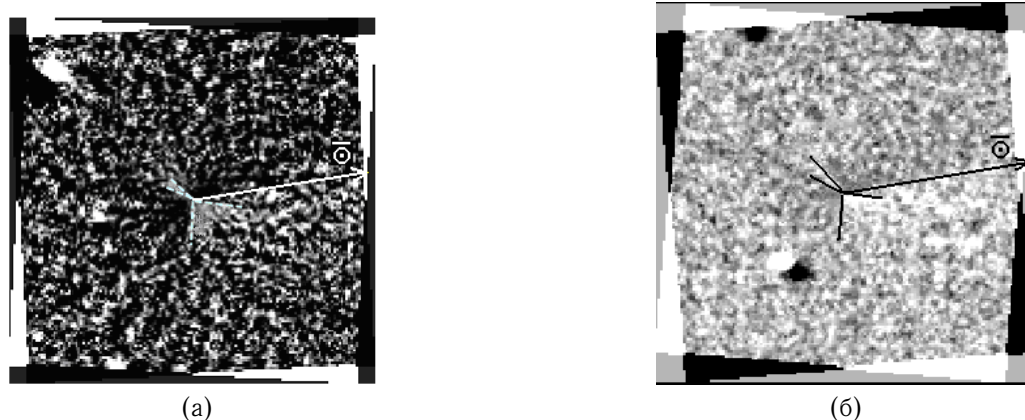


Рис. 4. Зображення комети 81P/Вілда 2 27.03 (а) та 28.03.2011 (б) після застосування цифрового фільтру для виділення радіальних джетів

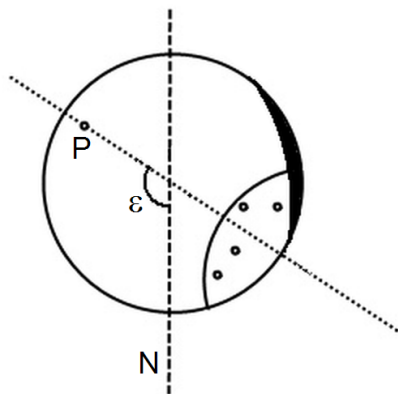


Рис. 5. Можлива інтерпретація розташування активних ділянок на ядрі комети 81P/Вілда 2 27–28.03.2010 р.

що південний джет значно вужчий, то скоріше за все він формується однією активною ділянкою в безпосередньої близькості до полюсу (рис. 5). Протилежний північний джет має велику ширину. Космічні зйомки показують, що типові джети мають невелику ширину, тому, можливо, він формується з кількох окремих струменів, які неможливо розділити. На рис. 5 кружечками показано можливе розташування активних областей на кометному ядрі.

Цікаво, що в попередні появи (1997 р.) цієї комети спостерігалася подібна картина. Так, Вашусундра і Чакраборті [4] за моделюванням зображень комети знайшли координати полюса обертання ядра $\alpha_p = 297^\circ \pm 5^\circ$ та $\delta_p = -10^\circ \pm 5^\circ$. На момент наших спостережень комети для полюсу з вказаними координатами вісь обертання мала би позиційний кут в картинній площині $\varepsilon \approx 105^\circ$. Це значення не суттєво відрізняється від наших оцінок, враховуючи невеликий інтервал часу спостережень та різницю оцінок за іншими авторами. До того ж положення осі обертання може змінюватися під дією реактивних сил при випаровуванні газів. За їх даними викиди пилу формуються двома джетами: більш вузьким біляполюсним з широтою $+80^\circ$, і широким протилежним джетом, який знаходився на широті -25° . Така картина дуже нагадує нашу інтерпретацію розташування активних ділянок на поверхні кометного ядра і доводить тривалість періоду існування активних ділянок ядра, які формують видимі джети.

Висновки.

1. Вісь обертання ядра комети на момент спостережень 27–28.03.2010 р. мала позиційний кут в картинній площині $\varepsilon \approx 127 \pm 5^\circ$.

2. Основні викиди пилу формуються двома активними ділянками: біляполюсною з шириною викидів $20 \pm 5^\circ$ і протилежною з шириною викидів $77 \pm 15^\circ$.

3. Активні ділянки кометного ядра комети 81P/Вілда 2 можуть існувати на протязі більше 10 років.

1. A'Hearn M., Hoban S., et al. Cyanogen jets in comet Halley // Nature. — 1986. — **324**. — P. 649–651.
2. Picazzio E., Churyumov K., et al. // Abstract book. IAU XXVII General Assembly. 3–14 Aug. 2009. — P. 62.
3. Larson S., Sekanina Z. Coma morphology and dust-emission pattern of periodic Comet Halley. I — High-resolution images taken at Mount Wilson in 1910 // Astron. J. — 1984. — **89**. — P. 571–578.
4. Vasundhara R., Chakraborty P. Investigations of the rotation pole from the morphology of dust fans of comet 81P/Wild 2 // Astroph. J. — 2004. — **616**. — P. 1278–1283.

Надійшла до редакції 24.10.2011