

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
 НАВКОЛОЯДЕРНОЇ ОБЛАСТІ КОМЕТИ 46P/WIRTANEN**

Представлено результати спостережень і досліджень короткоперіодичної комети 46P/Wirtanen на основі оптичних спектрів із середньою роздільною здатністю ($\lambda/\Delta\lambda \approx 1400$). Спектри здобуто в січні 2008 р. у високогірній обсерваторії "Пік Терскол" за допомогою телескопа Zeiss-2000 ($D = 2.0$ м; $F_2 = 16$ м). На основі отриманого спектрального матеріалу ідентифіковано емісійні смуги. Побудовано розподіли загального, відбитого потоків енергії та спектрофотометричний градієнт у спектральному діапазоні $\lambda\lambda = 4850\text{--}7650$ Å. Оцінено відносну пилопродуктивність (A_{fr}), газопродуктивність (Q) для молекулярних емісій C_2 і NH_2 , а також деякі інші фізичні параметри нейтральної газової кометної атмосфери. Одержані значення фізичних величин є характерними для комет родини Юпітера. Пилопродуктивність 46P/Wirtanen у період спостережень змінюється в межах $A_{fr} = 1050\text{--}1650$ см; газопродуктивність – $Q_{C_2} = 3.97\text{--}4.12 \times 10^{25}$ мол/с, $Q_{NH_2} = 2.06\text{--}2.97 \times 10^{25}$ мол/с.

Ключові слова: комети, спектрофотометрія, газо- та пилопродуктивність.

Вступ. Комета 46P/Wirtanen – короткоперіодична комета з періодом $P = 5.4$ року. Належить до комет родини Юпітера (КСЮ). Діаметр ядра комети оцінюється в 1.2 км [1]. Комета була відкрита фотографічним шляхом 17.10.1948 р. американцем Карлом Віртаненом [12]. Особливий інтерес до об'єкта дослідження також зумовлений тим, що комета 11.12.2018 р. пройде черговий раз перигелій ($q = 1.05$ а.о.) та перигей ($\Delta_{min} \approx 0.07$ а.о.) майже одночасно і досягне блиску $T \approx +4^m$. Це дасть можливість знову отримати якісний спостережний матеріал і продовжити дослідження даного об'єкта [2]. З'явиться можливість для аналізу зміни деяких фізичних параметрів від перигелію до перигелію та незалежного оцінювання похибок (за умови, що у грудні 2018 р. комету 46P вдасться спостерігати не на одному інструменті). Комета була запланованою ціллю космічної місії ROSETTA, що підкреслює важливість даного об'єкта дослідження. Об'єкт досить добре досліджений астрометричними, спектральними й фотометричними методами [17, 18], особливо у 1996–1997 рр. [13–16]. Імовірно, що інтерес до цієї комети був зумовлений також зміною елементів орбіти під дією Юпітера у 1967–1974 та 1980–1986 рр. [18]. У комети 46P поетапно змінювався перигелій з $q = 1.61$ а.о. до $q = 1.08$ а.о., а отже, і температурні режими. Цілком імовірно, що вікова дезинтеграція цієї комети прискорилося після зменшення перигелійної відстані.

Спостереження комети 46P/Wirtanen та обробка її спектрів. Спектри комети 46P/Wirtanen були отримані з 01.01.2008 р. по 08.01.2008 р. за допомогою телескопа Zeiss-2000 ($D = 2.0$ м; $F_2 = 16$ м) у високогірній обсерваторії "Пік Терскол" Міжнародного центру астрономічних і медико-екологічних досліджень НАН України [9]. Комета Wirtanen перебувала на геліоцентричній відстані $r = 1.10$ а.о. та геоцентричній – $\Delta = 1.01$ а.о., мала інтегральну видиму зоряну величину $T \approx 9.5^m$, фазовий кут становив $\alpha = 54.9^\circ$, кут елонгації $S-O-T = 68.1^\circ$, позиційний кут становив $j = 69.2^\circ$ [3]. Загалом було отримано 9 щільних спектрів комети 46P/Wirtanen у спектральному діапазоні $\lambda\lambda = 4850\text{--}7500$ Å з роздільною здатністю $\lambda/\Delta\lambda \approx 1400$. На рис. 1 зображено ділянки щільного спектра комети 46P/Wirtanen з ототожненими емісійними смугами. Базові редуції над спектром були виконані, потоки енергії подано в абсолютних одиницях.

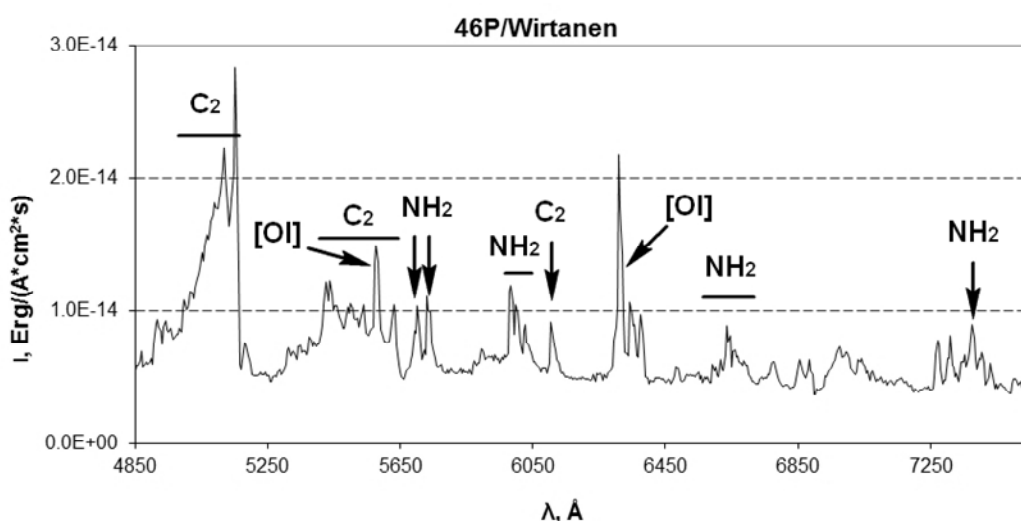


Рис. 1. Емісії в спектрі комети 46P/Wirtanen (07.01.2008)

Для комети 46P, спектр якої представлено на рис. 1, були отримані знімки базових редуцій: bias (знімок з нульовою експозицією), flat-field (лампа плоского поля), спектри нічного і ранішнього неба, спектри зір-стандартів (HD6658; HD19476; HD120315). Дисперсійна крива була побудована за допомогою лампи FeAg [11]. Оскільки висота щілини становила лише 11", то корекція за геометрією не проводилася (зміщення вздовж щілини становило $\leq 0.7''$). Космічні час-

тинки були видалені за допомогою медіанної фільтрації. Невелика різниця висот ($< 10^\circ$) об'єкта і зорі-стандарту дозволила не вводити поправку за екстинкцією. Для визначення рівня спостережуваного сонячного континуума і виокремлення кометних емісій був використаний спектр Сонця з високою роздільною здатністю $\Delta\lambda = 0.02 \text{ \AA}$ [10].

Як видно з рис. 1, спектр комети є чітким, типовим і характеризується досить потужним пиловим континуумом. У представленому діапазоні довжин хвиль домінують емісії C_2 та NH_2 .

Потоки енергії та газопродуктивність молекул C_2 , NH_2 у кометі Wirtanen. Обробка спектрів комет проводилась у кілька етапів. Спочатку над спектрами комети були виконані всі базові редукації. Потім для спектрів комети 46P/Wirtanen шляхом виокремлення і складання інтенсивностей емісійних ліній було підраховано потоки енергії (I), кількість молекул на промені зору ($M(\rho)$), газопродуктивність (Q) для смуг C_2 ($\lambda\lambda = 5060\text{-}5200 \text{ \AA}$), NH_2 ($\lambda\lambda = 6550\text{-}6700 \text{ \AA}$). Діапазони довжин хвиль вибрано відповідно до смуг пропускання кометних фільтрів НВ [5]. Для інших смуг оцінювання не проводилося, оскільки вони були за межами даного спектрального діапазону. Для отримання результату використовувалися наведені нижче параметри і формули:

$$M(\rho) = \frac{4\pi \cdot I}{g \cdot \Omega}, \quad (1)$$

де $M(\rho)$ – кількість молекул у зоні видимості діафрагми або щілини спектрографа, I – потік енергії від смуги на одиницю площі (см^2) дзеркала телескопа, g – фактор флуоресценції ($g/4\pi$ – енергія, що перевипромінюється однією молекулою за секунду в межах тілесного кута 1 стерadian), Ω – тілесний кут, який визначається проекцією одиниці площі приймача випромінювання на небесну сферу.

Оскільки спостережний матеріал був отриманий зі щілиною спектрографа, а не діафрагмою, $M(\rho)$ зазнало перетворень:

$$M'(\rho) = \frac{M(\rho) \cdot \pi\rho^2}{ab}, \quad (2)$$

де a та b – висота та ширина щілини спектрографа, ρ – відстань від центра до краю діафрагми. Нам потрібно знайти співвідношення між величинами a , b та ρ . Спад інтенсивності нейтральної газової атмосфери в межах ділянки щілини спектрографа, з якої отримувалась інформація, був незначним, оскільки характерні масштаби для досліджуваних молекул значно перевищували розміри щілини за висотою ($\approx 11''$) і шириною ($\approx 3''$). Отже, зв'язок можна знайти з рівності площ щілини спектрографа та діафрагми:

$$\pi\rho^2 = ab \rightarrow \rho = \sqrt{\frac{ab}{\pi}}, \quad (3)$$

звідки випливає:

$$\frac{Q}{v} = \frac{M(\rho)}{\rho \cdot F(\mu, x)} = \frac{M(\rho)}{F(\mu, x)} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{ab}}, \quad (4)$$

де $\mu = \frac{\beta_1}{\beta_2}$; $x = \rho\beta_2$; $\beta_1 = \frac{1}{L_1}$; $\beta_2 = \frac{1}{L_2}$; $F(\mu, x) = \int_x^{\mu x} K_0(y) dy + x^{-1}(1 - \mu^{-1}) + K_1(\mu x) - K_1(x)$;

K_0 та K_1 – циліндричні функції Макдональда 0 та 1 порядків; L_1 та L_2 – характерні масштаби (пробіги) для батьківських і дочірніх молекул, відповідно; $F(\mu, x)$ – функція Хазера [13]; v – швидкість молекул (була прийнята 1 км/с) [4].

У табл. 1 подано константи, які використовувалися в розрахунках, та їх залежність від геліоцентричної відстані [6].

Таблиця 1

Характерні масштаби (L) і фактори флуоресценції (g) для досліджених молекул та їх залежність від геліоцентричної відстані (r)

Параметри	C_2 (5060–5200 Å)	NH_2 (6550–6700 Å)
L_1 , км	2.2×10^4	$7.00E+03$
L_2 , км	6.6×10^4	$6.10E+04$
$L(r)$	$L_1 \times r^{1.4}$, $L_2 \times r^{2.0}$	$L_1 \times r^{2.0}$, $L_2 \times r^{2.0}$
g , $\text{erg} \times \text{с}^{-1} \times \text{мол}^{-1}$	4.5×10^{-13}	3.0×10^{-14}
$g(r)$	$g \times r^2$	

Результати з газопродуктивності комети 46P/Wirtanen подано у табл. 2. Також у таблиці наведено дані для кількох комет на співрозмірних геліоцентричних відстанях і результати інших авторів для комети 46P. З табл. 2 видно, що газопродуктивність комети 46P є близькою до продуктивності короткоперіодичної комети 103P/Hartley 2. Разом із тим газопродуктивність довгоперіодичних комет і короткоперіодичної комети 8P/Tuttle є значно вищою. Можна припустити, що комета Tuttle порівняно нещодавно стала короткоперіодичною й тому не встигла зазнати значної вікової дезінтеграції. Також з таблиці можна побачити, що газопродуктивність із 1997 р. для C_2 суттєво не змінилася, а для NH_2 трохи зменшилася. Цілком можливо, що еволюція по NH_2 проходить швидше. Проте дані твердження потребують додаткових досліджень і доказів.

Таблиця 2

Газопродуктивність емісійних смуг комети 46P/Wirtanen та інших об'єктів порівняння

Назва комети	Дата спостережень, UT	r , а.о.	Δ , а.о.	Q_{CO_2} , мол/с	Q_{NH_2} , мол/с
46P	07.01.2008	1.11	1.01	3.97×10^{25}	2.97×10^{25}
46P	08.01.2008	1.11	1.01	4.14×10^{25}	2.06×10^{25}
8P	01.01.2008	1.10	0.25	1.12×10^{26}	9.45×10^{25}
8P	02.01.2008	1.09	0.26	1.21×10^{26}	1.06×10^{26}
8P	05.01.2008	1.08	0.27	9.64×10^{25}	8.41×10^{25}
8P	07.01.2008	1.07	0.28	6.16×10^{25}	6.21×10^{25}
103P	25-27.10.2010	1.06	0.13	2.12×10^{25}	1.75×10^{25}
C/2009 K5	28.03.2010	1.50	1.43	3.65×10^{26}	4.64×10^{26}
	29.03.2010	1.49	1.42		
	02.04.2010	1.48	1.37		
C/2014 Q2	17.02.2015	1.32	1.09	2.40×10^{26}	–
C/2013 US10	24.12.2015	1.08	1.06	8.89×10^{25}	–
Дані інших авторів					
46P*	29.03.1997	1.08	1.51	5.02×10^{25}	4.70×10^{25}
46P**	11.10.1997	1.12	1.41	2.51×10^{25}	–
	5.03.1997	1.07	1.54	2.57×10^{25}	–
46P***	5.03.1997	1.07	1.54	2.74×10^{25}	–

* – Фінк У. та ін., 1998 р. [14]; ** – Фархам Т.М. та Шлейхер Д.Г., 1998 р. [15]; *** – Шульц Р. та ін., 1998 р. [17]

Властивості пилового континууму комети 46P/Wirtanen. Важливим параметром пилової коми комети є A_{fp} (відносна пилопродуктивність). Пилопродуктивність також розраховувалася для діапазонів довжин хвиль вузькосмугових кометних фільтрів НВ. Оскільки даний метод був розроблений Фархамом та ін. [5] для вузькосмугових кометних фільтрів (UC, $\lambda\lambda = 340\text{--}350$ нм; BC, $\lambda\lambda = 442\text{--}450$ нм; GC, $\lambda\lambda = 522\text{--}530$ нм; RC, $\lambda\lambda = 708\text{--}718$ нм), то його використання зі щілиною спектрографа вимагало адаптації. Для обчислення A_{fp} у фільтрах використовувалися такі параметри і формули:

$$A_{fp} = \frac{q_f r^2 \Delta \cdot F_f}{\theta}, \tag{5}$$

де r та Δ – відповідно геліо- та геоцентрична відстань до комети (в а.о.); θ – апертура в кутових секундах (діаметр діафрагми); q_f – коефіцієнт перетворення для фільтра, що використовується; F_f – спектральна густина (потік енергії, отриманий за допомогою вузькосмугового кометного фільтра в $erg/(A \times cm^2 \times s)$). Відмінність в обчисленнях із різними фільтрами пов'язана лише з q_f .

Пилова кома комети поширюється на значно менші відстані, ніж тимчасова газова атмосфера. Порядок розмірів пилової кометної коми відповідав кутовим розмірам щілини спектрографа. Тому для отримання рівномірного спаду інтенсивності за висотою та шириною щілини потрібно розглядати її вписаню в діафрагму. Адаптоване для щілини спектрографа рівняння матиме вигляд:

$$\theta = \sqrt{n^2 + m^2}; F_f = \frac{F'_f \pi \theta^2}{4mn} = \frac{F'_f \cdot \pi (n^2 + m^2)}{4mn}, \tag{6}$$

Звідки
$$A_{fp} = \frac{q_f r^2 \Delta \cdot F'_f \pi (n^2 + m^2)}{4mn \cdot \sqrt{n^2 + m^2}} = \frac{q_f r^2 \Delta \cdot F'_f \pi \sqrt{(n^2 + m^2)}}{4mn}, \tag{7}$$

де F_f – спектральна густина, яка відповідає конкретному фільтру (з діаметром, що дорівнює діагоналі щілини); F'_f – спектральна густина для щілини спектрографа в діапазоні довжин хвиль кометного фільтра; m – ширина щілини в кутових секундах ("), n – протяжність області знімка вздовж щілини, з якої зчитується спектр кометної коми ("); θ – діаметр діафрагми ("). Якщо розглядати щілину не вписаню в діафрагму, а лише прирівняти їх площі, то отримане значення пилопродуктивності зменшиться на 40 %.

У табл. 3 наведені значення величин, що використовувалися для обчислення відносної пилопродуктивності (діапазони довжин хвиль вузькосмугових кометних фільтрів, діаметр діафрагми, у яку вписана ділянка щілини спектрографа, з якої відбувалося зчитування (θ), коефіцієнт перетворення фільтра (q_f)).

Таблиця 3

Параметри, що використовувалися для обчислення A_{fp}

Фільтр	$\Delta\lambda$, AA	θ , (") для 46P та інших комет	θ , (") для C/2014 Q2	θ , (") для C/2013 US10	q_f
GC	5220-5300	11.4	12.8	8.2	1.341×10^{17}
RC	7100-7170	11.4	12.8	8.2	1.975×10^{17}

У табл. 4 представлені відносні пилопродуктивності для досліджуваної комети (46P/Wirtanen), дані інших авторів, а також результати для вибраних короткоперіодичних (КПК) та довгоперіодичних комет (ДПК) [8]. Отримані значення пилопродуктивності є доволі високими як для КПК. У поєднанні з даними з газопроодуктивності це характеризує 46P/Wirtanen як комету, атмосфера якої багата пилом. Переважання пило- над газопроодуктивністю, імовірно, указує на відносно невисокий вміст у поверхневому шарі ядра сублимуючих летючих компонентів, що проявляють себе у видимому спектральному діапазоні. Цікавими могли б бути дослідження еволюції елементів орбіти комети 46P та їх порівняння з еволюцією інших короткоперіодичних комет (напр. 8P/Tuttle). З таблиці видно, що пилопродуктивність суттєво зросла з 1998 р. Це можна пояснити тим, що досить масивне ядро комети [1] змогло гравітаційно втримати частину крупнодисперсного пилу, що був вирваний із надр газом при попередніх наближеннях до Сонця. Підтвердити або спростувати цей результат вдасться в період зближення з кометою у грудні 2018 р.

Протягом періоду спостережень пилопродуктивність комети змінюється несуттєво. Цей факт підтверджує досить високу точність отриманих результатів і певну стаціонарність процесів для геліоцентричної відстані, на якій знаходилася комета. Варто звернути увагу й на те, що відносна пилопродуктивність досліджуваної комети зростає з довжиною хвилі (це притаманно більшості комет і вказує на почервоніння пилового кометного континууму).

Таблиця 4

Порівняння A_{fr} у кометі 46P/Wirtanen з іншими КСЮ та ДПК

Комета	r , а.о.	Δ , а.о.	$\lg A_{fr_{GC}}$	$\lg A_{fr_{RC}}$
46P (07.01.08)	1.11	1.01	3.025	3.145
46P (08.01.08)	1.11	1.00	3.081	3.217
8P (02.01.08)	1.09	0.25	3.140	3.253
8P (05.01.08)	1.08	0.26	3.233	3.328
8P (07.01.08)	1.07	0.27	3.157	3.299
22P	1.77	0.78	3.019	3.274
81P	1.63	0.68	3.815	3.733
103P	1.06	0.13	1.794	1.899
C/2006 W3	3.13	2.33	4.731	4.724
C/2009 K5	1.50	1.43	3.901	3.811
C/2009 P1	2.09	1.61	3.712	3.685
C/2014 Q2	1.32	1.09	3.20	3.36
C/2013 US10	1.08	1.06	2.74	2.75
Дані інших авторів				
46P*	1.08	1.54		2.14
46P**	1.12	1.41		2.05
	1.07	1.54		2.14
46P***	1.07	1.54		2.08

* – Фінк У. та ін., 1998 р. [14];

** – Фархам Т. М. та Шлейхер Д. Г., 1998 р. [15];

*** – Шульц Р. та ін., 1998 р. [17]

Спектрофотометричний градієнт комети 46P/Wirtanen. Також було побудовано відношення відбитого кометою сонячного континууму в абсолютних одиницях (без урахування стандартних емісій) до оригінального спектра Сонця. Отриманий таким чином спектрофотометричний градієнт відображає зміну відбиваючих властивостей пилу з довжиною хвилі (рис. 2). З рисунка видно, що спектрофотометричний градієнт комети 46P поступово зростає в дослідженому спектральному діапазоні, що притаманно переважній більшості КПК [8]. Усереднене значення отриманого градієнта почервоніння в дослідженому спектральному діапазоні ($\lambda\lambda = 4850\text{--}7500 \text{ \AA}$) становить 8.6 % на 1000 \AA . Це значення є досить близьким до 10 % на 1000 \AA , яке було отримане Ламі П. Л. та ін. у 2007 р. [16]. Пояснити явище можна втратою цієї КСЮ, унаслідок активного газовиділення та багаторазового наближення до Сонця, значного відсотка дрібнодисперсних пилових частинок, що забезпечували розсіювання Мі та Релея ($< 0.5 \text{ мкм}$) [19]. Важкий, інертний, крупнодисперсний пил ($> 0.5 \text{ мкм}$), який домінує в атмосфері цієї комети, відбиватиме випромінювання Сонця майже рівномірно (з невеликою прямо пропорційною залежністю від довжини хвилі).

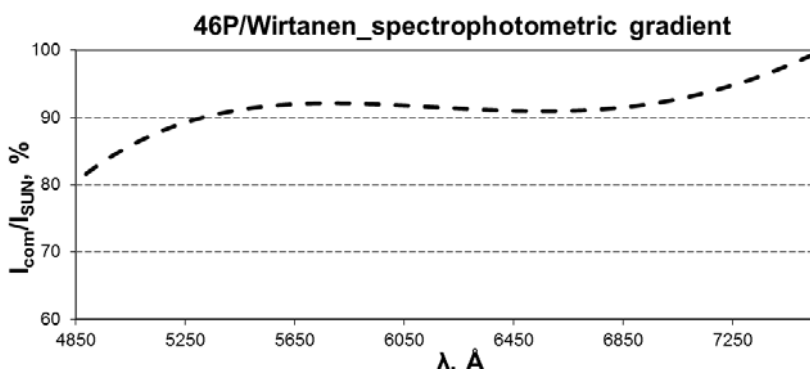


Рис. 2. Спектрофотометричний градієнт для комети 46P/Wirtanen (07.01.2008 р.)

Висновки. За допомогою телескопа Zeiss-2000 обсерваторії "Пік Терскол" було отримано оптичні спектри із середньою роздільною здатністю. Якість отриманого спектрального матеріалу дозволила з високою точністю оцінити газопродуктивність молекул C_2 , NH_2 і відносну пилопродуктивність у кометних фільтрах GC, RC. Отримані значення газо- та пилопродуктивності характеризують кому комети 46P/Wirtanen як таку, що багата пилом. Порівняно з даними 1997 р. зафіксоване суттєве зменшення виробництва в атмосфері комети молекули NH_2 . Отриманий для комети Wirtanen спектрофотометричний градієнт є характерним для інших КСЮ і становить 8.6 % на 1000 Å. Відносна пилопродуктивність (A_{fp}) на момент спостережень у січні 2008 р. була значно вищою, ніж у попередніх проходженнях перигелію.

Список використаних джерел

- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?ID=c00046_0.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.minorplanetcenter.net/iau/MPEph/MPEph.html>.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ssd.jpl.nasa.gov/horizons.cgi#results>.
- Краснопольский В. А. Физика свечения атмосфер планет и комет / В. А. Краснопольский. – М. : Наука, 1987.
- Farnham T. L. The NB Narrowband Comet Filters: Standard Stars and Calibrations / T. L. Farnham, D. G. Schleicher, M. F. A'Hearn // Icarus. – 2000. – Vol. 147. – P. 180–204.
- Langland-Shula L. E. Comet classification with new methods for gas and dust spectroscopy / L. E. Langland-Shula, G. H. Smith // Icarus. – 2011. – Vol. 213. – P. 280–322.
- Tatum J. B. Cynogen radiance/column-density ratio for comets calculated from the Swings effect / J. B. Tatum // Astron. Astrophys. – 1984. – Vol. 135. – P. 183–187.
- Пономаренко В. О. Спектральні особливості вибраних комет сімейства Юпітера та довгоперіодичних комет зі зворотним рухом : дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 01.03.03 / Пономаренко Василь Олександрович. – К., 2015.
- IC AMER [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://terskol.com>.
- Solar flux atlas from 296 to 1300 nm / R. L. Kurucz, I. Furenlid, J. Brault, L. Testerman // National Solar Observatory Atlas, Sunspot, New Mexico : National Solar Observatory. – 1984.
- Телескопы Carl Zeiss в обсерватории на пи́ке Терскол / Н. В. Карпов, А. В. Сергеев, В. К. Тарадий, М. В. Андреев // Изв. Крымской астрофиз. обс. – 109. – № 2. – С. 203–213 (2013).
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://en.wikipedia.org/wiki/46P/Wirtanen>.
- Haser L. Distribution d'intensite dans la tete d'une comete / L. Haser // Bull. Acad. Roy. Belg. – 1957. – Vol. 43. – P. 740–750.
- Spectroscopy of 46 P/Wirtanen during its 1997 apparition / U. Fink, M. D. Hicks, R. A. Fevig, J. Collins // Astronomy and Astrophysics. – 1998. – Vol. 335. – P. L37–L45.
- Farnham T. L. Narrowband photometric results for comet 46P/Wirtanen / T. L. Farnham, D. G. Schleicher // Astron. Astrophys. – 1998. – Vol. 335. – P. L50–L55.
- The nucleus and inner coma of Comet 46P/Wirtanen / P. L. Lamy, I. Toth, L. Jorda et al. // Astron. Astrophys. – 1998. – Vol. 335, L25–L29.
- Spectral evolution of Rosetta target comet 46P/Wirtanen / R. Schulz, C. Arpigny, J. Manfroid et al. // Astron. Astrophys. – 1998. – Vol. 335. – P. L46–L49.
- Krolikowska M. Evolution of the orbit of comet 46P/Wirtanen during 1947–2013 / M. Krolikowska, G. Sitarski // Astron. and Astrophys. – 1996. – Vol. 310. – P. 992–998.
- [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh_scattering.

Надійшла до редколегії 13.11.18

V. Ponomarenko, PhD,
K. Chiuryumov, Dr. Sci., Prof.,
O. Sergeev, Cand. Tech. Sci.

SPECTROPHOTOMETRICAL RESEARCHES OF THE SUBNUCLEAR AREA OF 46P/WIRTANEN COMET

The observations and research of the short-period comet 46P/Wirtanen by optical spectra with an average resolution ($\lambda/\Delta\lambda \approx 1400$) are presented. Spectra in January 2008 at the Peak Terskol mountain observatory with the Zeiss-2000 telescope ($D = 2.0$ m; $F_2 = 16$ m) were obtained. On the basis of the received spectral material, the identification of emission bands was carried out. The distribution of the total energy flux, reflected energy flux and the spectrophotometric gradient in the spectral range $\lambda\lambda = 4850\text{--}7650$ Å are constructed. The quality of the received spectral material allowed estimating with high accuracy the gas productivity of the molecules C_2 , NH_2 and the relative dust productivity in cometary filters GC, RC. The relative dust productivity (A_{fp}), the gas productivity (Q) for the molecular emissions of C_2 and NH_2 , as well as some other physical parameters of the neutral gas cometary atmosphere were evaluated. The resulting values of physical quantities are characteristic for Jupiter family comets. The gas productivity of 46P/Wirtanen during the observation period $Q_{C_2} = 3.97\text{--}4.12 \times 10^{25}$ mol/s, $Q_{NH_2} = 2.06\text{--}2.97 \times 10^{25}$ mol/s. The obtained values of gas and dust productivity characterize the cometary coma of 46P/Wirtanen as dust-rich. In comparison with the data of 1998, a significant decrease in production in the atmosphere of the comet of the NH_2 molecule was recorded. The spectrophotometric gradient obtained for comet Wirtanen is characteristic for other JFC and is 8.6 % per 1000 Å. The relative dust productivity (A_{fp}) at the time of observations in January 2008 was significantly higher than in previous passages of perihelion. The obtained results may be the consequence of evolution of the upper layers of the cometary nucleus and require further experimental confirmation.

Keywords: comets, spectrophotometry, dust/gas productivity.

В. Пономаренко, канд. физ.-мат. наук,
К. Чурюмов, д-р физ.-мат. наук, проф.,
О. Сергеев, канд. тех. наук

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОКОЛОЯДЕРНОЙ ОБЛАСТИ КОМЕТЫ 46P/WIRTANEN

Представлены результаты наблюдений и исследований короткопериодической кометы 46P/Wirtanen на основе оптических спектров со средней разделительной способностью ($\lambda/\Delta\lambda \approx 1400$). Спектры получены в январе 2008 г. в высокогорной обсерватории "Пик Терскол" с помощью телескопа Zeiss-2000 ($D = 2.0$ м; $F_2 = 16$ м). На основе полученного спектрального материала идентифицированы эмиссионные полосы. Построено распределение общего и отраженного потоков энергии и спектрофотометрический градиент в спектральном диапазоне $\lambda\lambda = 4850\text{--}7650$ Å. Оценены относительная пылепродуктивность (A_{fp}) и газопродуктивность (Q) для молекулярных эмиссий C_2 и NH_2 , а также некоторые другие физические параметры нейтральной газовой кометной атмосферы. Полученные значения физических величин являются характерными для комет семейства Юпитера. Пылепродуктивность 46P/Wirtanen в период наблюдений изменяется в границах $A_{fp} = 1050\text{--}1650$ см; газопродуктивность – $Q_{C_2} = 3.97\text{--}4.12 \times 10^{25}$ мол/с, $Q_{NH_2} = 2.06\text{--}2.97 \times 10^{25}$ мол/с.

Ключевые слова: кометы, спектрофотометрия, газо-и пылепродуктивность.