

РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПРОТЯЖНИХ ОБ'ЄКТІВ, ОТРИМАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ КУДЕ-ЕШЕЛЕ СПЕКТРОМЕТРА НА 2-МЕТРОВОМУ ТЕЛЕСКОПІ ОБСЕРВАТОРІЇ ПІКА ТЕРСКОЛ (ПІВНІЧНИЙ КАВКАЗ)

Ю. Кузнєцова¹, А. Бондар²

¹ Головна астрономічна обсерваторія Національної академії наук України,
вул. академіка Заболотного, 27, Київ, 03680, Україна

² Міжнародний центр астрономічних та медико-екологічних досліджень,
КБР, Росія, пік Терскол

(Отримано 5 серпня 2002 р.)

Подано результати спектральних спостережень планет-гігантів та супутника Сатурна Титана, отриманих за допомогою куде-ешеле спектрометра на 2-метровому дзеркальному телескопі системи Річі-Кретьєна і куде, та результати їх обробки. Для Титана зареєстрована спектральна особливість, можливо, емісійного походження. Зазначено важливість наведених спостережень протяжних об'єктів для уточнення методики їх проведення на цьому куде-ешеле спектрометрі, створеному для спостережень зоряних об'єктів. Указано на необхідність повнішого дослідження можливостей цього приладу. Планетні спостереження на куде-ешеле спектрометрі проведено вперше.

Ключові слова: Спектри, планети-гіганти, Титан, атмосфера, емісії.

PACS number(s): 96.30.Mh, 96.35.Nv, 95.90.+v, 95.75.Fg

I. ОПИС АПАРАТУРИ

Для отримання спостережних даних був використаний 2-метровий дзеркальний телескоп системи Річі-Кретьєна і куде (Цейсс-2000). Через полярну вісь телескопа (фокусна відстань $F = 72000$ мм, відносний отвір $F/36$) світло через щілинний пристрій потрапляє на позаосевий коліматор з фокусною відстанню $f = 7100$ мм та відносним отвором $f/36$. Спостереження можна проводити на одній із трьох камер спектрометра. Коліматор є загальним для всіх камер. Наші спостереження одержані за допомогою камери з $F = 450$ мм. Як дифрагуючий елемент взято дві дифракційні ґратки, з'єднані в мозаїку. У ролі елемента крос-дисперсії були призми з заломлюючим кутом 45 град., які забезпечують пропускання в діапазоні 3600–9000 Å [1]. Як приймач випромінювання використано ПЗЗ-матрицю ТС223 (1034×1034 пікселі). Діапазон чутливості матриці 3700–10000 Å. Програмне забезпечення дозволяє зберігати зображення у вигляді бінарних файлів з текстовим заголовком. Куде-ешеле спектрометр має певні переваги та недоліки порівняно зі звичайним спектрометром. Переваги: 1) великий діапазон одночасно реєстрованого спектра (кількість порядків може сягати сотні, тоді як для звичайного спектрометра — лише декілька); 2) висока роздільність за рахунок роботи у високих порядках; 3) ефективне використання поверхні приймача випромінювання (ПЗЗ-матриці), тобто реєстрований спектр має двовимірний формат на відміну від звичайного лінійного спектра малого діапазону. Недоліки: 1) вводиться елемент крос-дисперсії (призма), у результаті чого з'являються додаткові втрати світла. До того ж, якщо призма виготовлена не з кварцу, то відрізатиметься синій кінець спектра; 2) через велике поле важко домогтися рівномірного фокуса.

II. РЕЗУЛЬТАТИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Спектральні дані отримано протягом двох ночей 11 і 13 березня 2001 р. Умови наших спостережень, на жаль, були недостатньо якісними:

Об'єкт	зор. величина	час експозиції
Юпітер	−2.2	300 сек.
Сатурн	0.2	900 сек.
Титан	8.4	50 хв

У результаті проведених спостережень одержано такі спектри: Юпітера — в ділянці екваторіальної зони та північної екваторіальної смуги, Сатурна — в ділянці екватора й полюса та супутника Сатурна Титана. У ролі зорі порівняння спостерігали зорю — сонячний аналог 35 Leo. Прив'язку до неї проводили по телуричних лініях з точністю 0.07 Å. Розміри щілини становили 1.8 × 3.6 кут. сек. Точність ручного гідуювання була кращою за 0.5 кут. сек. Спектральний діапазон довжин хвиль 3938–8744 Å.

Обробку спектрів проводили за допомогою програми DECH [2].

III. РЕЗУЛЬТАТИ ОБРОБКИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

1. Як приклад первинного результату обробки отриманих даних на рис. 1 наведено фрагмент спектра Юпітера у вигляді графічної залежності відносної інтенсивності поглинання від довжини хвилі. Для виключення телуричних ліній у довгохвильовій ділянці спектра отримано спектр гарячої зорі раннього спектрального класу з великою швидкістю обертання.

Спектр Сонця виключали шляхом поділу спектрів планет на спектр зорі сонячного аналога 35 Leo.

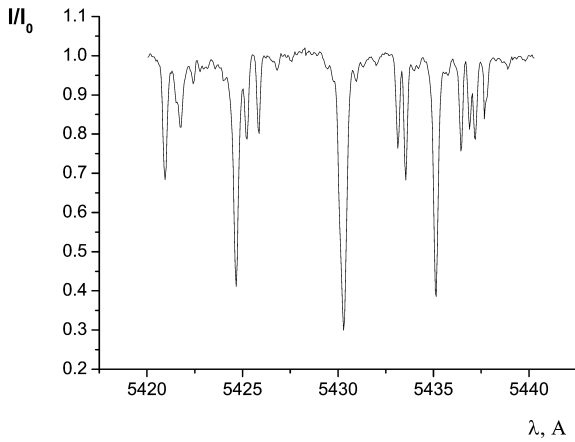


Рис. 1. Фрагмент спектра Юпітера в ділянці смуги поглинання CH_4 $\lambda = 543 \text{ nm}$ (екваторіальна зона).

2. Другий пункт наших досліджень стосується спроби виявити в синій ділянці отриманих планетних спектрів фраунгоферової лінії $H \text{ CaII}$ та її “дух”. Як відомо [3], ця лінія, внаслідок комбінаційного розсіювання, спричиняє появу так званого “духу”, зміщеного в червону ділянку спектра на певну відстань. Ми розглянули можливість існування духу, зміщеного на 354 cm^{-1} . За порівняльний приклад узято дані з розташування духів з таким же зміщенням із роботи [3]. Центри вказаної фраунгоферової лінії та її духу розташовані на таких довжинах хвиль: H — 3968.5 \AA , “дух” лінії H — 4025.0 \AA .

Для лінії H надійно зареєстровано “дух”, зсунутий у червону ділянку спектра, на очікуваному місці. Розглянуто спектри для Юпітера (екваторіальна зона та темна смуга) і Сатурна (полярна ділянка та екватор), і можна сказати, що дух лінії $H \text{ Ca II}$ є в кожній із цих ділянок, але з різними інтенсивностями та еквівалентними ширинами. Це вказує на відмінності в рівнях атмосфери (тиск, температура), де формуються ці духи. Тому маємо можливість оцінити відмінності у вертикальній структурі атмосфер планет-гігантів над різними оптичними деталями, що буде зроблено пізніше.

3. При обробці спектра Титана був знайдений вельми цікавий ефект. На деяких довжинах хвиль вдалося зареєструвати лінії, дуже схожі на емісійні. Загальний вигляд спектрального порядку з таким кандидатом в емісійну лінію наведено на рис. 2. Це досить дивне явище для спектра Титана. Ми не знайшли згадки про щось подібне в працях інших авторів, наприклад, у відомій статті Каркошкі [4]. Для ілюстрації на рис. 3 показано фрагмент спектра, який також містить емісійну лінію. Поряд з нею знаходиться типовий слід від космічної частинки, що є важливим для безпосереднього порівняння їхніх профілів. Експозиція для спектра Титана була досить тривалою (50 хв), і тому він до деякої міри спотворений цими

космічними частинками. Середня напівширина лінії, породженої “косміком”, звичайно складає не більше 1.5–2 пікселів, тоді як середня напівширина нашої емісійної лінії має значення в середньому 5 пікселів. До того ж емісійний пік є доволі широким і має так звану “підкладку”. Це дає підставу говорити, що такі “емісійні” лінії все ж скоріше належать до спектральних ліній, ніж до космічних частинок.

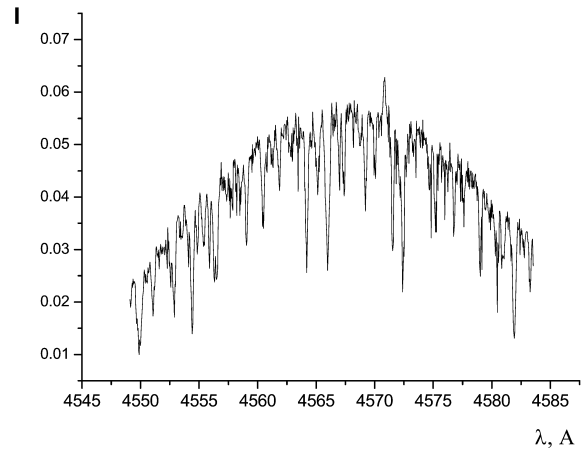


Рис. 2. Загальний вигляд спектрального порядку з кандидатом в емісійну лінію.

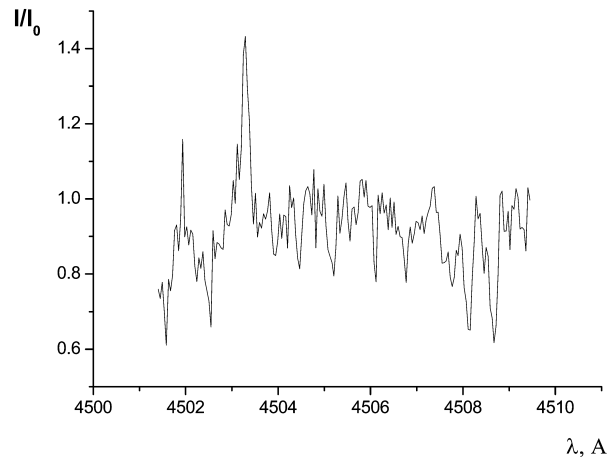


Рис. 3. Ділянка спектра Титана з кандидатом в емісійну лінію (4503.29 \AA)

Оцінки еквівалентних ширин та залишкових інтенсивностей r_v в емісійні лінії у спектрі Титана наведено нижче:

центри ліній, \AA	E.W., \AA	r_v
4336.562	0.1041	2.95
4503.291	0.0670	17.8
4570.867	0.0213	2.9
4772.658	0.0246	4.4
5077.617	0.0508	3.4

У спектрах Юпітера чи Сатурна на вказаних довжинах хвиль нічого подібного не спостерегаємо. Одна

з причин, за якою виникнення емісійних ліній у планетних атмосферах є можливим, — це наявність яскравої емісійної лінії в у/ф ділянці спектра, яка, внаслідок комбінаційного (раманівського) розсіювання, викликає появу духу, зсунутого в червону ділянку спектра. Як відомо, основною складовою атмосфери Титана є азот. Можливо, саме він чи його сполуки спричиняють такий ефект.

На жаль, ми отримали лише один спектр Титана, тому нема з чим порівняти ці результати, щоб уточнити, чи насправді були емісії в спектрі атмосфери Титана.

IV. ВИСНОВКИ

Результати первинної обробки наших спектральних спостережень указують на існування низки проблем у методиці отримання спектрів протяжних об'єктів за допомогою описаного вище куде-ешеле спектрометра. По-перше, це орієнтація щілини. Якщо при

спостереженні зірок об'єкт повинен повністю провалюватися в щілину, то при спостереженні планет, особливо з такою смугастою структурою атмосфер, як у планет-гігантів, щілина виділяє лише невелику частку поверхні. Тому її орієнтація по диску планети відіграє значну роль. І по-друге — це жорстка прив'язка щілини до деякої добре видимої деталі на диску планети під час експозиції.

Уже після первинної обробки отриманих даних можна сказати, що при застосованій роздільності $R = 45000$ у спектрах Юпітера, Сатурна й Титана добре видно основні смуги, наприклад, метану (CH_4) — 543, 619, 702, 725 нм, аміаку (NH_3) — 552, 643, 792 нм і т.д. Таким чином, можливості цього куде-ешеле спектрометра повністю відповідають вимогам точності для роботи зі спектрами протяжних об'єктів, тому і надалі плануємо проведення таких спостережень за його допомогою.

На завершення висловлюємо подяку докторові фіз.-мат. наук А. П. Відьмаченко за цінні вказівки під час написання доповіді.

- [1] Ф. А. Мусаев, Г. А. Галазутдинов, А. В. Сергеев, Н. В. Карпов, Ю. В. Подьячев, Кинем. физ. небес. тел **15**, 282 (1999).
[2] Г. А. Галазутдинов, препринт CAO, № 92, (1994).

- [3] А. В. Мороженко, Кинем. физ. небес. тел **13**, № 4, 22 (1997).
[4] E. Karkoschka, Icarus **111**, 174 (1994).

THE RESULTS OF EXTENSIVE OBJECT OBSERVATIONS OBTAINED WITH THE AID OF COUDE-ECHELLE SPECTROMETER FED BY THE 2-M TELESCOPE AT THE TERSCOL OBSERVATORY (NORTHERN CAUCASUS)

J. Kuznetzova¹, A. Bondar²

¹*Main Astronomical Observatory, Kyiv, Ukraine*

²*International Center of Astronomical, Medical and Ecological Research, Terscol Pick, KBR, Russia*

The results of spectral planet-giant and Titan observations are presented in this paper. These data was obtained with the help of the coude echelle spectrometer fed by the 2-m telescope at the Terskol observatory (Northern Caucasus). The results of data processing are considered too. The spectral peculiarity for Titan was registered, possibly, it has an emission origin. The importance of the extensive object observations for a more accurate method of their observation with the help of the coude echelle spectrometer is indicated. The necessity of a more complete investigation of this instrument is discussed. The given spectrometer was created for the star object observations. Planet observations with the help of the coude echelle spectrometer was carried out for the first time.