



ISSN 1607–2855

Том 4 · № 2 · 2003 С. 91–93

УДК 523.4

## Поява другої гармоніки в атмосферах Юпітера і Сатурна

Н.М. Михальчук<sup>1</sup>, А.П. Відьмаченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет ім. Тараса Шевченка

<sup>2</sup>Головна астрономічна обсерваторія Національної Академії наук України

*Розглянуто основні положення нелінійної атмосферної оптики. Використано спектральні спостереження, отримані Е.Каркошкою в 1993 і 1995 роках на Європейській Південній Обсерваторії в інтервалі довжин хвиль від 300 до 1000 нм. Отримано вказівку на існування такого нелінійного оптичного ефекту, як наявність другої гармоніки основних молекулярних смуг метану в спектрах Юпітера і Сатурна.*

*ПОЯВЛЕНИЕ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В АТМОСФЕРАХ ЮПИТЕРА И САТУРНА, Михальчук Н.М., Видьмаченко А.П. — Рассмотрены основные положения нелинейной атмосферной оптики. Использованы спектральные наблюдения, полученные Э.Каркошкой в 1993 и 1995 г. на Европейской Южной Обсерватории с спектральным интервалом 300-1000 нм. Получены указания на существование такого нелинейного оптического эффекта, как наличие второй гармоники основных молекулярных полос метана в спектрах Юпитера и Сатурна.*

*APPEARANCE OF SECOND HARMONIC IN JUPITER'S AND SATURN'S SPECTRUM, by Mykhalchuk N.M., Vidmachenko A.P. — There is considered the basis of nonlinear atmospheric optic. For our investigations, we used the spectral observations received by E.Karkoshka in 1993 and 1995 on the ESO (European Southern Observatory) from 300 to 1000 nm. We received such nonlinear optical effects as appearance of second harmonic of the methane bands in the Jupiter's and Saturn's spectrum.*

### 1. ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ НЕЛІНІЙНОЇ АТМОСФЕРНОЇ ОПТИКИ

Створення лазерів на початку 60-х років дало потужний імпульс розвитку багатьох цікавих галузей науки, з-поміж яких найбільший розвиток отримала нелінійна оптика. Нелінійною оптикою називають розділ оптики, який вивчає взаємодію світла великої інтенсивності з речовиною, під дією якого змінюються оптичні властивості самої речовини. До нелінійної оптики відносяться такі явища як генерація оптичних гармонік, “випрямлення” світла, комбінаційне розсіяння світла, самофокусування світлових пучків і самомодуляція імпульсів, двофотонне або багатофотонне поглинання світла і т.д.[1].

Нелінійна атмосферна оптика об’єднує явища, зумовлені залежністю оптичних параметрів середовища від інтенсивності світла. Застосування законів нелінійної оптики до дослідження атмосферних характеристик почало поширюватися після перших лідарних досліджень в атмосфері Землі. Вони показали, що після проходження потужного лазерного випромінювання через земну атмосферу на шляху променя виникали цікаві ефекти, які не можна пояснити в рамках класичної атмосферної оптики, такі як:

1. Збільшення і зменшення поглинання в земній атмосфері при проходженні через неї потужного лазерного пучка.
2. Поява комбінаційних частот на шляху променя (сума і різниця частоти лазера і власних частот атмосферних молекул.)
3. Поява на шляху променя кратних частот.

## 2. ПРОЯВИ ДРУГОЇ ГАРМОНІКИ

Вищеназвані явища пов'язують з лазерним випромінюванням. Але дослідження показують, що нелінійні оптичні ефекти в газових середовищах можуть проявлятися і при незначних інтенсивностях. Прикладом цього може бути комбінаційне розсіяння в планетах-гігантах (див. [2, 3]). Для нашого дослідження було вибрано спектри, отримані Е.Каркошкою із спостережень на Європейській Південній Обсерваторії в липні 1993 [2] і в липні 1995 [3]. При вивченні відношення інтенсивностей спектрів Юпітера і Сатурна 1995/1993 рр. ми помітили, що існують певні відхилення від очікуваного результату на основній та подвоєній частотах. Цей факт може вказувати на існування другої гармоніки. Тому основним завданням даної роботи було показати можливість знаходження других гармонік сильних ліній поглинання метану ( $\text{CH}_4$ ) в атмосферах Юпітера і Сатурна. Теоретичні основи появи другої гармоніки викладено в статті [4]. Через те, що атмосфера планет досить мінлива, то в кожний наступний момент часу інтенсивності окремої лінії і її другої гармоніки будуть дещо відмінні. В даних спектрах [2, 3] реєструвалися коливально-обертальні молекулярні лінії метану, які зливаються в досить широкі молекулярні смуги. Особливо значні зміни з часом спостерігаються в смугах метану. Проте виконаний нами аналіз показав, що досить сильні варіації мають місце і на довжинах хвиль, які точно відповідають подвійним частотам в сильних

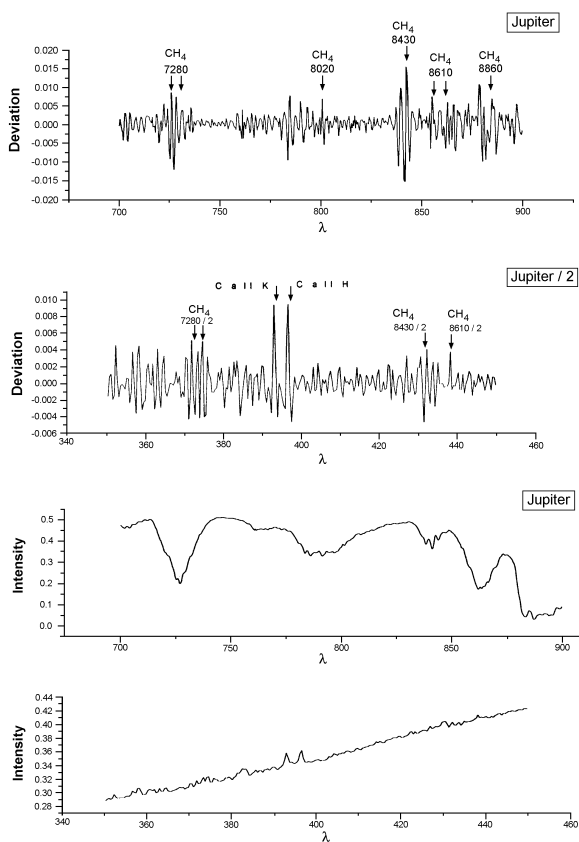


Рис. 1. Середньоквадратичне відхилення від середнього значення по кількох спектрах для червоної і синьої спектральних областей та ділянки спектрів цих областей для Юпітера

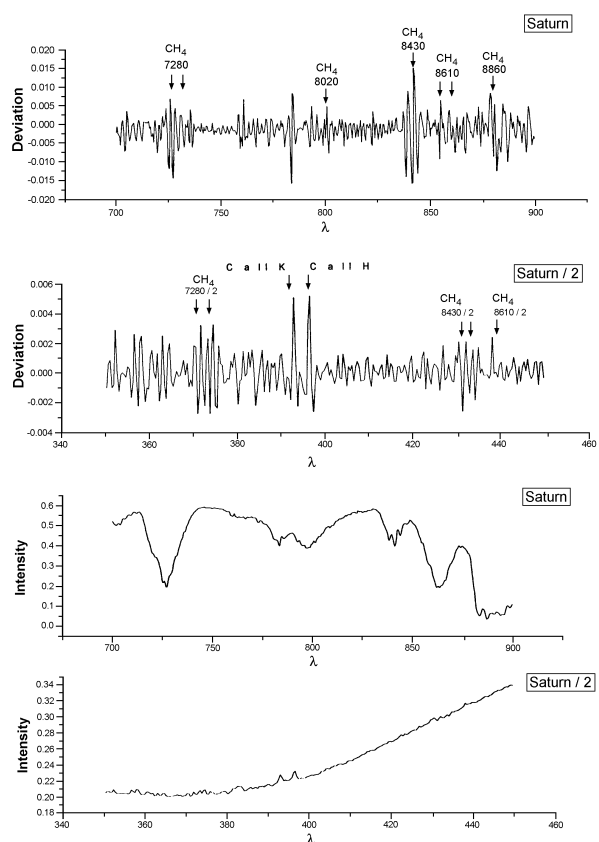


Рис. 2. Теж саме, що на рис. 1 — для Сатурна.

смугах метану. На рис. 1,2 представлено по чотири спектральні залежності для Юпітера і Сатурна: 1) залежність середньоквадратичного відхилення від середнього значення по кількох спектрах на основних частотах; 2) залежність середньоквадратичного відхилення на подвоєних частотах; 3) ділянка спектра планети з основними частотами; 4) ділянка спектра планети з подвоєними частотами. В спектрі позначено місця, де проявляється друга гармоніка. На перших двох графіках видно повторення ліній на основній і подвоєній частотах (тобто наявність другої гармоніки). Порівняння цих графіків дозволяє зробити висновок, що друга гармоніка максимально проявляється в тих місцях спектра планет, де спостерігається найбільший градієнт зміни його інтенсивності.

### 3. ВИСНОВКИ

Після обробки спостережних даних за допомогою розробленої нами програми та аналізу отриманих результатів було знайдено існування подвійних гармонік сильних смуг поглинання метану ( $\text{CH}_4$ ) в атмосферах Юпітера і Сатурна. Тобто, в спектрах планет-гігантів крім комбінаційного розсіяння показано існування ще одного нелінійного ефекту — такого як генерація другої гармоніки. А отже, його необхідно враховувати при визначенні оптичних характеристик газозово-аерозольного та хімічного складу планетних атмосфер.

1. Білий М.У. Основи нелінійної оптики та її застосування: Навчальний посібник для студентів фізичного факультету. — К.: ВЦ, Київський університет, 1999. — 171 с.
2. Karkoshka E. Spectrophotometry of Jovian planets and Titan at 300- to 1000-nm wavelength: the methane spectrum // *Icarus*. — 1994. — **111**, № 1. — P. 174–192.
3. Karkoshka E.. Methane, ammonia, and temperature measurements of the Jovian planets and Titan from CCD-spectrophotometry // *Icarus*. — 1998. — **133**, № 1. — P. 134–146.
4. Vid'machenko A.P., Kuznetsova J.G., Krushevskaya V.N. Nonlinear optical effects in planetary atmospheres // *Kinematics and Phys. of Celestial Bodies*. — 2003. — **19**, Suppl. № 4. — P. 108–112.

Надійшла до редакції 24.05.2003