

**ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ КОНТИНУУМ  
В СПЕКТРАХ КОМЕТЫ C/2007 N3 (LULIN)****Luminescent Continuum in Spectra of the Comet C/2007 N3 (Lulin)**

**Резюме.** Представлены результаты наблюдений и исследований кометы C/2007 N3 (Lulin) по оптическим спектрам со средней разрешающей способностью.

**Abstract.** The results of the observations and studies of comet C/2007 N3 (Lulin) on medium-resolution optical spectra are presented.

**Особенности наблюдения и обработки спектров кометы**

Комета C/2007 N3 (Lulin) – долгопериодическая комета, была открыта 11 июля 2007 года 19-летним китайским астрономом Цюаньчжи Е на снимках, сделанных Чи-Шэн Линем (англ. Lin Chi-Sheng) на Тайваньской обсерватории Лулинь. Комета Лулинь имела зеленоватое свечение, что объясняется резонансной флюоресценцией входящих в состав её комы двухатомных молекул углерода ( $C_2$ ) и циана (CN). На снимках кометы, начиная с января 2009 г., наблюдались два хвоста: пылевой и ионный, причём из-за особенностей геометрического положения кометы до 26 февраля 2009 г. пылевой хвост был направлен в сторону Солнца (*ru.wikipedia.org*). 4 февраля 2009 года был зафиксирован отрыв ионного хвоста от кометы, связанный с его взаимодействием с магнитным полем солнечного ветра (Чурюмов К.И., Шабас Н.Л. Астрон. вестн. 1998, **32**, 3, 269). Спектры кометы C/2007 N3 (Lulin) были получены 23–25 февраля 2009 года с помощью эшелле-спектрографа и телескопа-рефлектора Zeiss-2000 ( $F1 = 6.3$  м;  $F2 = 16$  м) на высокогорной астрономической станции Терскол Главной Астрономической Обсерватории НАН Украины и Института Астрономии РАН. Разрешающая способность кометных спектров  $R = 3500$  (квази-эшелле) получены семь спектров кометы Lulin (4500–8000 Å) с экспозицией  $T = 3600$  с. Комета находилась на гелиоцентрическом расстоянии  $r = 1.38$  а.е. и геоцентрическом  $\Delta = 0.41$  а.е., имела интегральный блеск  $6^m$ , фазовый угол был равен  $S - T - O = 10^\circ$ , угол элонгации  $S - O - T = 165^\circ$ , позиционный угол  $\alpha = 292^\circ$ . Спектры кометы исследовались с целью идентификации спектральных эмиссионных линий, обнаружения люминесцентного континуума и определения его параметров, изучения зависимости альbedo от длины волны, определения некоторых физических параметров нейтральной комы кометы. Полученные CCD спектры кометы C/2007 N3 (Lulin) были обработаны с помощью программного обеспечения DECH95, DECH20T и MATLAB. DECH (Galazutdinov G.A. Preprint SAO, 1992, No. 92) позволяет выполнять редукцию CCD изображений, учитывать уровень bias, исключить паразитное излучение космических частиц, ввести поправки за плоские поля и вклад ночного неба. Дисперсионные кривые были построены на основе спектральных линий ферроаргоновой лампы (Fe+Ar). Была проведена процедура вычитания рассеянного света. Для этого между

порядками в эшелельных спектрах объектов был собран рассеянный свет (с соответствующей апертурой) и вычтен из спектров соседних порядков. Также, спектры были линеаризованы и сглажены (для увеличения соотношения сигнал/шум).

## Люминесцентный континуум в спектрах кометы C/2007 N3 и его параметры

Принято считать, что кометный спектр состоит из двух компонентов. Первый компонент – эмиссионные линии атомов, молекул, ионов в кометной атмосфере. Второй – отражённое от кометной пыли солнечное излучение. Второй компонент должен в основных чертах повторять солнечный спектр, поскольку оптические качества пыли изменяются плавно с длиной волны. Однако во многих кометах фраунгоферовы линии поглощения имеют меньшую глубину, чем в спектре Солнца. Перечислим несколько возможных причин такого явления:

- 1) недостаточная разрешающая способность приборов;
- 2) существование неизвестных эмиссионных линии в кометном спектре, которые накладываются на линии поглощения в солнечном спектре;
- 3) рассеяние света в самом спектральном приборе;
- 4) люминесценция кометной пыли, которая дает дополнительный непрерывный спектр без линий поглощения.

Впервые люминесцентный континуум был обнаружен Г.К. Назарчук в спектре кометы 1P/Halley, которая обнаружила два основных максимума на длинах волн 395 и 510 нм (Shul'man L.M. Астрометрия и астрофизика 1970, **11**, 26). Затем люминесцентный континуум был обнаружен в кометах 19P (Borelly), C/2000 WM1 (Linear), C/2000 WM1 (Linear) и др. (Lukyanyk I.V., Churyumov K.I., EM&Pl. 2002, **90**, 1; Churyumov K.I., Lukyanyk I.V. et al. Proc. of ACM, Technical University Berlin, Germany. 2002, 657; Lukyanyk I.V., Churyumov K.I. et al. Proc. of ACM, Technical University Berlin, Germany. 2002, 717; Picazzio E., de Almeida A. et al. EM&Pl. 2002, **90**, 23).

Для корректного учета спектральной разрешающей способности данного спектрографа сначала брался солнечный спектр с высокой разрешающей способностью 0.02 Å (Kurucz R. L., Furenlid I. et al. Solar Flux Atlas From 296 to 1300 nm. New Mexico, 1984). На его основе с шагом и спектральной разрешающей способностью такой же, как в кометном спектре, с помощью операции свертки рассчитывался наблюдаемый спектр Солнца. О применимости такого подхода свидетельствует то, что фраунгоферовы линии имеют одинаковую (в пределах ошибки) ширину в рассчитанном и реальном кометном спектрах. Однако глубина линий в рассчитанном спектре значительно меньше. Это означает, что недостаточная разрешающая способность не может объяснить всех наблюдательных особенностей кометного спектра. Дополнительным аргументом в пользу этого утверждения служит тот факт, что подобный эффект наблюдается в кометных спектрах, полученных с высокой разрешающей способностью на эшелле-спектрографах. Присутствие неизвестных эмиссионных линии также не может объяснить наблюдательный эффект, поскольку он проявляется в широкой спектральной области. Рассеяние света в спектрографе не может обеспечить значительное уменьшение глубины фраунгоферовых линий, которую наблюдается в некоторых кометах. К тому же похожий эффект наблюдается на разных спектрографах. Кроме того, существуют стандартные процедуры учета рассеянного света, которые неплохо себя зарекомендовали. Исходя из

данного обсуждения, авторы принимают люминесценцию кометной пыли как явление, которое может объяснить всю совокупность наблюдательных данных для кометного континуума. Раздельно определить вклады от солнечного спектра и люминесцентного континуума можно с помощью формулы:

$$i_c(\lambda) = k \cdot i_s(\lambda) + i_l,$$

где  $i_c(\lambda)$  – наблюдаемый кометный спектр,  $i_s(\lambda)$  – рассчитанный солнечный спектр,  $k$  – коэффициент, который учитывает вклад люминесцентного континуума,  $l$  – уровень люминесцентного континуума. Результаты обработки спектров представлены на рис. 1а и рис. 1б. На рис. 1а показана реконструкция кометного континуума для трех спектральных порядков из двух составляющих – фраунгоферового и люминесцентного спектров. Сплошная чёрная линия – исходный кометный спектр, сплошная синяя линия – сумма фраунгоферового и люминесцентного спектров, красная пунктирная линия – люминесцентный континуум. На рис. 1б показано для этих же спектральных порядков сглаженное отношение кометного континуума к солнечному спектру (сплошная синяя линия) и люминесцентного континуума к солнечному спектру (красная пунктирная линия). На всех графиках отмечается падение отношения кометного континуума к солнечному спектру с ростом длины волны, что свидетельствует о преобладании мелкой фракции пыли (<1 мкм) в атмосфере кометы.

## Выводы

Исследования кометы C/2007 N3 (Lulin) показали наличие люминесцентного континуума несолнечного происхождения в диапазоне длин волн 3850–7500 Å. Для данной кометы были обнаружены три максимума на таких длинах волн: 4050, 5900 и 6500 Å. Наиболее вероятными кандидатами на роль органических люминофоров являются: пирен (C<sub>16</sub>H<sub>10</sub>, с максимумом 3930 Å), антрацен (C<sub>14</sub>H<sub>10</sub>, с максимумом 4000 Å), фталоцианин (C<sub>32</sub>H<sub>18</sub>N<sub>8</sub>) или борсабфталоцианинхлорид (C<sub>24</sub>H<sub>12</sub>BClN<sub>6</sub>) с максимумом 5800 Å, порпин (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>N<sub>4</sub>, с двумя максимумами 6200 и 6800 Å) и хлорин (C<sub>20</sub>H<sub>16</sub>N<sub>4</sub>, с максимумом 6700 Å) (*omlc.ogi.edu*).

Характер изменения кометного континуума с ростом длины волны света свидетельствует о преобладании мелкой пыли в атмосфере кометы.

Киевский национальный университет  
имени Т.Г. Шевченко  
Киев, 04053 Украина

К.И. Чурюмов  
K.I. Churyumov  
В.А. Пономаренко  
V.A. Ponomarenko  
В.В. Клещенок  
V.V. Kleshchonok  
А.Р. Баранский  
A.R. Baranskiy

*klimchur@ukr.net*

Received August 01, 2013

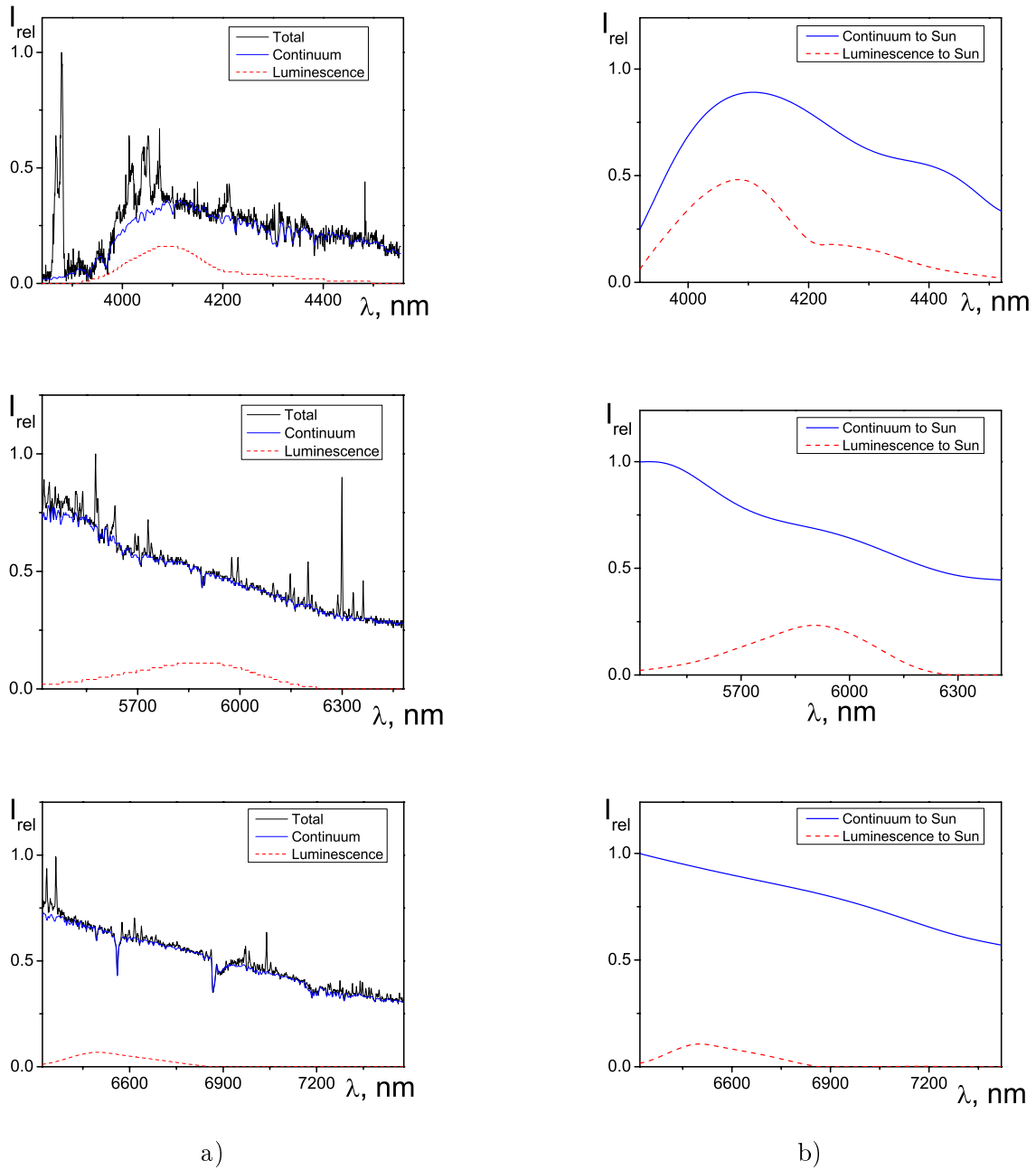


Рис. 1: Спектры кометы для трех порядков а – исходный кометный спектр, сумма фраунгоферового и люминесцентного спектров, и люминесцентный континуум; б – сглаженные отношения всего кометного континуума и люминесцентного континуума отдельно к солнечному спектру