

Ponomarenko V., Ph. D.,  
Simon A., eng. 2 kat.,  
К. Чириумов, Dr. Sci., professor  
Astronomical Observatory of National Taras Shevchenko University of Kyiv

### PARAMETERS OF DUST AND GAS IN THE COMMA OF THE COMETS C/2014 Q2 (LOVEJOY) I C/2013 US10 (CATALINA)

*The observations and research of the long periodic comets C/2014 Q2 (Lovejoy) and C/2013 US10 (Catalina) by optical spectra with an average resolution ( $\lambda/\Delta\lambda \approx 1200$ ) are presented. The spectra were obtained in February and December 2015 using the telescope AZT-14 ( $D = 0.48$  m,  $F = 7.7$  m) and the spectrograph ASP-9 at the station Astronomical Observatory of Taras Shevchenko National University of Kyiv "Lisnyky". On the basis of obtained spectral material was carried the identification of spectral emission bands. Calculated some physical parameters of neutral gas cometary atmosphere and dusty cometary atmosphere. Built distribution of general and reflected energy along the slit of the spectrograph. Calculated flows, the number of molecules and gas productivity for basic molecular emissions, relative dust productivity.*

В. Пономаренко, канд. физ.-мат. наук,  
А. Симон, инженер 2 кат.,  
К. Чурюмов, д-р физ.-мат. наук, проф.  
Астрономическая обсерватория Киевского национального университета  
имени Тараса Шевченко

### ПАРАМЕТРЫ ПЫЛИ И ГАЗА В КОМЕ КОМЕТ C/2014 Q2 (LOVEJOY) И C/2013 US10 (CATALINA)

*Представлены результаты наблюдений и исследований долгопериодических комет C/2014 Q2 (Lovejoy) и C/2013 US10 (Catalina) на основе оптических спектров со средней разрешительной способностью ( $\lambda/\Delta\lambda \approx 1200$ ). Спектры были получены в феврале и декабре 2015 года с помощью телескопа AZT-14 ( $D = 0.48$  м,  $F = 7.7$  м) и спектрографа ASP-9 на наблюдательной станции "Лесники" Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. На основе полученного спектрального материала была проведена идентификация спектральных эмиссионных полос. Найдены некоторые физические параметры нейтральной газовой и пылевой кометных атмосфер. Построено распределение общего и отраженного потока энергии вдоль щели спектрографа. Вычислены потоки, количество молекул и газопродуктивность для основных молекулярных эмиссий, относительная пылепродуктивность.*

УДК 521.95, 521.96, 52-14

И. Эглитис, канд. физ.-мат. наук,  
М. Эглите, мл. науч. сотрудник  
Институт астрономии Латвийского университета, Рига  
В. Андрук, науч. сотрудник,  
Л. Пакуляк, канд. физ.-мат. наук  
Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев

### U-ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД И ГАЛАКТИК ИЗ ОЦИФРОВАННЫХ АСТРОНЕГАТИВОВ ТЕЛЕСКОПА ШМИДТА В БАЛДОНЕ

*Выполнена оцифровка и обработка нескольких десятков пластинок из стеклотеки 1,2 м телескопа Шмидта в Балдоне, экспонированных в U полосе Джонсона. Для оцифровки использованы сканеры Epson Expression, обработка выполнена в пакете LINUX/MIDAS/RAMAFOT. Точность определения положений звезд Tucho2 составляет 0,1", точность построения характеристических кривых в U-полосе заключена в пределах 0,1–0,2<sup>m</sup>.*

**Введение.** Наблюдения в ультрафиолетовой (UV) полосе спектра в общем случае выполняются вблизи вспышкующих или сверхновых звезд, на участках с активными ядрами галактик, в областях звездообразования и в полях со скоплениями. Особенно много UV данных в работах по исследованию переменных типа карликовых новых, квазаров и черных дыр [8; 9]. Однако, как следует из данных каталогов и публикаций VisieR Страсбургского центра астрономических данных, в целом UV наблюдений значительно меньше, чем, например, в B, V или R полосах.

Обсерватория в Балдоне Астрономического института Латвийского университета хранит коллекцию из 22 тысяч фотографических пластинок, полученных на 1,2 м телескопе Шмидта. Площадь неба, которую охватывает каждая из пластинок, составляет 19 квадратных градусов и содержит от 10 до 50 тысяч изображений небесных объектов. Масштаб изображений составляет 72"/мм.

**Наблюдательный материал и его оцифровка.** Архив телескопа Шмидта насчитывает 734 пластинки в 253 областях неба, снятых в UV полосе, близкой к стандартной U Джонсона. При наблюдениях использовалась комбинация эмульсий ORWO ZU21 и ZU2 и фильтров UG1 и UFS3. Пластинки UV коллекции сканировались на сканерах серии EPSON EXPRESSION 10000XL и 11000XL. Предварительные исследования показали, что оптимальным разрешением для сканированных изображений является 1200 dpi (1,81"/пх), дающее практически ту же точность, что и сканы, полученные с более высоким разрешением 2400 dpi. При этом время, затраченное на обработку одной пластинки на высокоскоростном семиядерном компьютере, сокращалось в три раза. Кроме того, существенно уменьшался объем хранимой информации. Особенности поведения сканеров серии EPSON EXPRESSION и их влияние на точность астрометрических и фотометрических результатов исследовалось предварительно в работах [2; 3; 4; 5; 8; 11; 24; 25]. Случайные ошибки сканеров для астронегативов телескопа Шмидта оказались равны 0,04" и 0,015<sup>m</sup> для положений и звездных величин соответственно.

**Этапы обработки астронегативов.** Все изображения были получены в формате .tiff и перед обработкой переведены в формат .fit. Стандартная процедура обработки изображений выполнялась в программном пакете Linux / MIDAS / RAMAFOT, расширенном дополнительными приложениями, разработанными в ГАО НАН Украины для обработки широкоугольных звездных полей. В качестве опорного использовался каталог Tucho2. Процедура обработки отсканированных астронегативов протестирована и реализована ранее в серии работ [6; 7; 9; 12; 13; 14; 17; 18; 19; 26; 28] и состоит из следующих этапов:

1. Обработка сканов в пакете MIDAS/ROMAFOT, получение прямоугольных координат X, Y и инструментальных звездных величин m зарегистрированных объектов.
2. Создание файлов опорных звезд из каталога Tucho2 для каждой пластинки.
3. Создание файлов для предварительной связи прямоугольной и экваториальной систем координат опорных звезд.
4. Исправление прямоугольных координат объектов за систематические ошибки сканера.
5. Редукция прямоугольных координат X, Y зарегистрированных объектов в систему экваториальных координат  $\alpha$ ,  $\delta$  каталога Tucho2.
6. Приведение инструментальных фотометрических величин объектов в систему фотоэлектрических Uре величин звезд системы Джонсона.

Более полная информация об этапах обработки оцифрованных пластинок содержится в работах [16; 20; 23]

**Астрометрическая редукция в систему каталога Tucho2.** Для всех сканов пластинок как на этапе диагностирования систематических ошибок сканера  $\Delta\alpha$  и  $\Delta\delta$ , так и на этапах редукции прямоугольных координат X, Y объектов в систему экваториальных координат  $\alpha$ ,  $\delta$  каталога Tucho2 тангенциальные координаты  $\xi$ ,  $\eta$  вычислялись из решения уравнений методом наименьших квадратов по формулам вида (1):

$$\begin{aligned} \xi_i &= a_1 + a_2 X_i f + a_3 Y_i f + a_4 R_i m_i + a_5 f + \sum b_{lm} X_i^l Y_i^m, & (l = 0 \div 6, m = 0 \div 6, l + m = n, n = 1 \div 6) \\ \eta_i &= c_1 + c_2 X_i f + c_3 Y_i f + c_4 R_i m_i + c_5 f + \sum d_{lm} X_i^l Y_i^m, & (l = 0 \div 6, m = 0 \div 6, l + m = n, n = 1 \div 6) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $i = 1, 2, \dots, N$  – количество звезд каталога Tucho2 на пластинке;  $X_i$ ,  $Y_i$  и  $R_i$  – координаты и расстояние изображений звезд относительно центра пластинки;  $m_i$  – инструментальные фотометрические величины звезд;  $f$  – диаметры изображений звезд (FWHM); коэффициенты  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$  и  $c_2$ ,  $c_3$ ,  $c_4$  описывают кому, коэффициенты  $a_5$ ,  $c_5$  – учитывают влияние уравнения блеска (вычислялись отдельно); коэффициенты полного полинома шестой степени (27 членов)  $b_{lm}$  и  $d_{lm}$  в обобщенном случае описывают аберрации оптики телескопа, отягощенные систематическими ошибками сканеров. Более подробно этапы исключения систематических ошибок сканеров изложены в работе [20].

**Фотометрическая редукция в систему фотоэлектрических U-величин.** Для калибровки характеристических кривых астронегативов, учета фотометрической ошибки поля и редукции инструментальных фотометрических величин m в систему фотоэлектрических Uре величин звезд системы Джонсона использовались данные из каталогов [10; 22; 27]. При построении характеристических кривых астронегативов использовалась фотометрическая информация для одной экспозиции. Аппроксимация характеристических кривых и получение фотографических U величин звезд для пластинок выполнена решением методом наименьших квадратов систем уравнений согласно формуле (2):

$$U_i = e_1 + e_2 X_i + e_3 Y_i + e_4 R_i + \sum f_n m_i^n, \quad (n = 1 \div 5) \quad (2)$$

где  $i = 1, 2, \dots, N$  – количество фотоэлектрических определений для стандартных звезд на пластинке;  $X_i$ ,  $Y_i$  и  $R_i$  – координаты и расстояние изображений звезд относительно центра пластинки;  $m_i$  – инструментальные фотометрические величины звезд; коэффициенты  $e_2$ ,  $e_3$ ,  $e_4$  ответственны за фотометрическое уравнение (фотометрическую ошибку) поля, а коэффициенты  $f_n$  соответствуют функциональному описанию самого вида характеристических кривых.

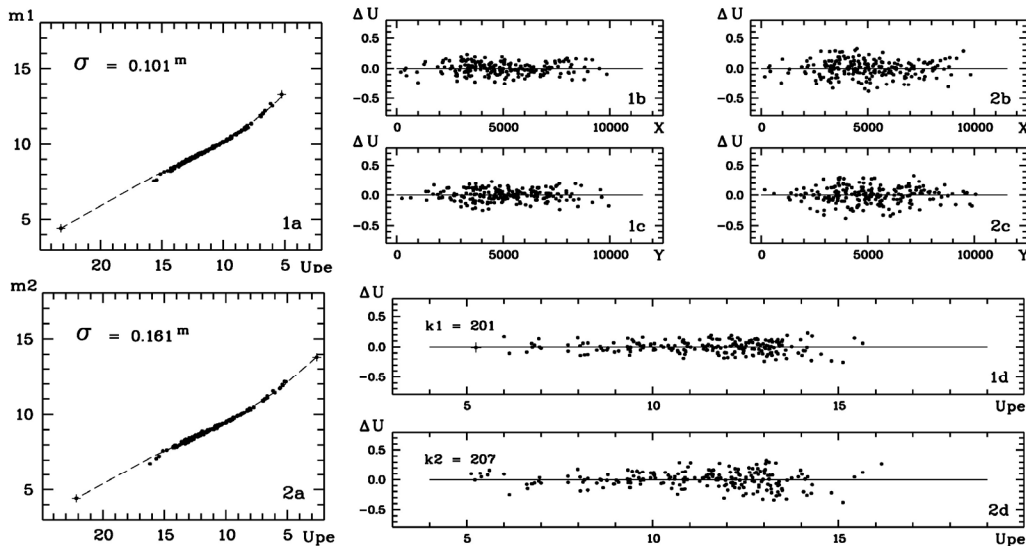


Рис. 1. Результаты фотометрической редукции для астронегативов с одной экспозицией

Данный вид формулы (2) выбран как оптимальный, позволяющий минимизировать фотометрические ошибки редукции в систему фотоэлектрических стандартов Uре.

Результаты фотометрической редукции для астронегативов с одной экспозицией представлены на рис. 1. На рисунке панели 1а и 2а – характеристические кривые для двух перекрывающихся астронегативов, имеющих общие объекты, что позволяет оценить внутреннюю сходимость результатов обработки. m1 и m2 – инструментальные величины, Uре – фотоэлектрические величины. Указаны ошибки построения характеристических кривых  $\sigma$ .

На панелях b,c,d приведены тренды разностей  $\Delta U$  между вычисленными величинами и их фотоэлектрическими значениями  $U_{pe}$  по координатам  $X$ ,  $Y$  и звездным величинам  $U_{pe}$ . На рисунке указано количество стандартных звезд  $k_1$  и  $k_2$  для обоих астронегативов.

После получения экваториальных координат  $\alpha$ ,  $\delta$  и звездных величин в системе  $U$  для каждой пластинки, было выполнено сравнение полученных результатов. Результаты сравнения в виде трендов разностей соответствующих величин представлены на левых панелях рис. 2. Здесь  $\Delta\alpha$ ,  $\Delta\delta$  – разности экваториальных координат,  $\Delta U$  – разности звездных величин для общих объектов двух астронегативов. Тренды даны относительно координат  $X$  и  $Y$ ,  $U_{pe}$  величин звезд и диаметров изображений  $f$ .

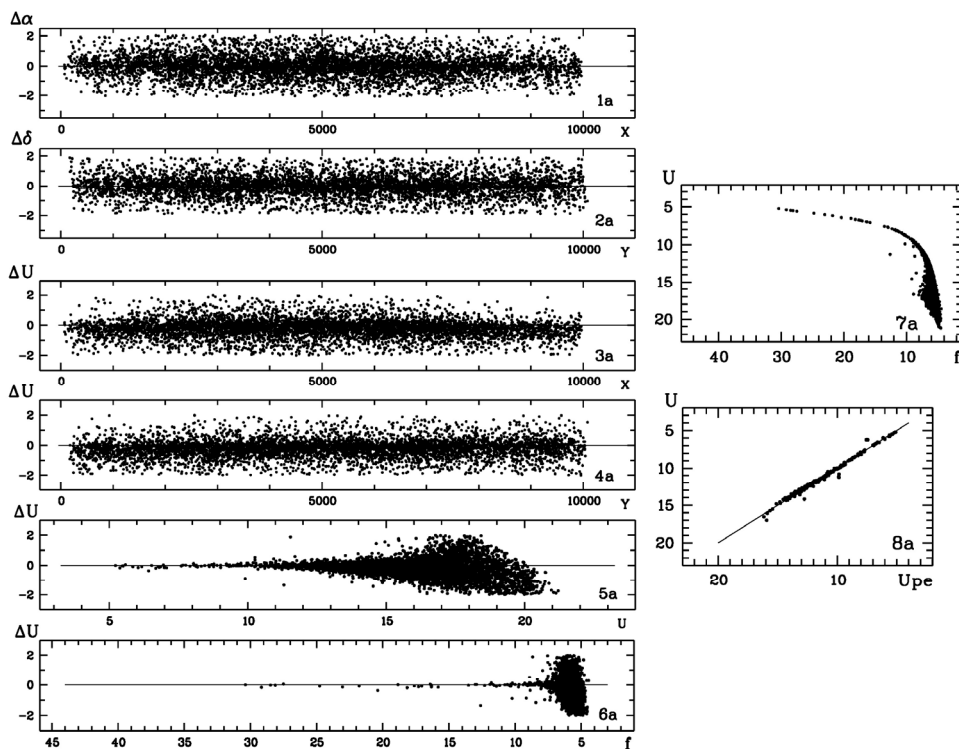


Рис. 2. Оценка внутренней сходимости результатов по общим для двух негативов объектам

На панелях 7a, 8a представлена связь  $U$ -величин с диаметрами изображений объектов и фотоэлектрическими стандартами  $U_{pe}$ . Отметим, что для звезд с  $U < 14^m$  среднеквадратическая величина разностей координат и звездных величин составляет  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.14''$  и  $\sigma_U = \pm 0.12^m$  соответственно.

**Заключение.** На настоящий момент по приведенной методике обработано около двух сотен астронегативов, экспонированных на 1,2 м телескопе Шмидта в Балдоне в UV полосе. Координаты звезд и галактик получены в системе каталога Tucho2,  $U$ -величины в системе фотоэлектрических стандартов. Работа по обработке астронегативов продолжается.

Полученный ранее по аналогичному наблюдательному материалу и описанной выше методике каталог положений и  $U$ -величин для 68 784 звезд и галактик для 12 областей программы МЕГА [1; 15; 21] позволяет сделать прогноз относительно ожидаемой точности после завершения обработки всего наблюдательного материала. Внутренняя точность этого каталога для всех объектов составляет  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.28''$  и  $\sigma_U = \pm 0.20^m$  (для звезд в интервале  $U = 8^m - 14^m$  ошибки равны  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.11''$  и  $\sigma_U = \pm 0.09^m$ ) для экваториальных координат и звездных величин соответственно. Сходимость координат с опорной системой Tucho2 составляет  $\sigma_{\alpha\delta} = \pm 0.06''$  (для 5 814 звезд). Сходимость с фотоэлектрическими звездными  $U_{pe}$ -величинами составляет  $\sigma_B = \pm 0.13^m$  (для 876 звезд).

#### Список цитируемых источников

1. Андрук В. Н. Фотометрическая служба вблизи главного меридиана Галактики: наблюдения и создание каталога фотометрических стандартов звездных величин и цветов в системе UBVR // Кинематика и физика небес. тел. – 1996. – 12, № 4. – С. 60–73.
2. Андрук В. Н., Иванов Г. А., Погорельцев М. Т., Яценко А. И. Об использовании сканера для определения координат и фотометрии звезд на пластинках программы ФОН // Кинематика и физика небес. тел. – 2005. – 21, № 5. – С. 396–400.
3. Андрук В., Пакуляк Л. Дослідження можливості використання сканерів Microtek для фотометрії зір // Журнал фізичних досліджень. – 2007. – 11, № 3. – С. 329–333.
4. Андрук В. М., Бутенко Г. З., Яценко А. И. Фотометрия пластинок, оцифрованных сканером MICROTEK SCANMAKER 9800XL TMA // Кинематика и физика небес. тел. – 2010. – 26, № 3. – С. 75–81.
5. Андрук В. М., Пакуляк Л. К., Іжакевич О. М. та ін. Астрометрія платівок ДША, оцифрованих двома типами сканерів. Розділення зображень зір двох експозицій // Вісник КНУ ім. Т. Шевченка. Сер. "Астрономія" – 2012. – № 48. – С. 11–13.
6. Андрук В. Н., Головня В. В., Иванов Г. А. и др. Каталог экваториальных координат и  $B$ -величин звезд околополюсной области программы ФОН // Кинематика и физика небес. тел. – 2016. – 32, № 1. – С. 56–69.
7. Андрук В. Н., Пакуляк Л. К., Головня В. В. и др. Каталог экваториальных координат и  $B$ -величин звезд программы ФОН // Кинематика и физика небес. тел. – 2016. – 32, № 5 – С. 1–6.
8. Головня В., Андрук В., Яценко А. Астрометрія платівок ПША, оцифрованих сканером MICROTEK SCANMAKER 9800XL TMA // Журнал фізичних досліджень. – 2010. – 14, № 2. – С. 1–8.