

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 523.68, 520.8

*Ю. М. ГОРБАНЁВ, канд. физ.-мат. наук, Е. Ф. КНЯЗЬКОВА,
А. В. ШУЛЬГА, д-р физ.-мат. наук, Н. А. КУЛИЧЕНКО, П. Н. КОЗАК, канд. физ.-мат. наук,
А. М. МОЗГОВАЯ, А. В. ГОЛУБАЕВ*

УКРАИНСКАЯ ОПТИЧЕСКАЯ МЕТЕОРНАЯ СЕТЬ

Введение

В настоящее время на территории Украины проводится патрулирование метеорных явлений телевизионными методами в Одессе, Киеве и Николаеве. Для повышения эффективности изучения метеорного вещества предлагается формирование сети оптических станций за счет объединения действующих, что актуально для современной астрономии. Такое объединение позволит выработать общий стандарт базы данных метеорных наблюдений, методики и обработки наблюдательного материала, кооперативного взаимодействия научного коллектива наблюдательных станций, повышения качества и скорости его обработки для вычисления максимального количества атмосферных параметров метеоров и элементов их гелиоцентрических орбит. Некоторые задачи метеорной астрономии требуют совместных наблюдений в корреспондирующих пунктах, удаленных друг от друга на сотни километров. С учетом этого, а также для дополнения круга исследований, связанных с малоизученными вопросами в метеорной астрономии, есть необходимость в создании оптического базисного метеорного патруля в Харькове на базе действующей Чугуевской наблюдательной станции НИИ астрономии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина. Наблюдения метеоров могут проводиться в удалении от крупных населенных пунктов с базисным расстоянием между корреспондирующими пунктами порядка 65 км. Важно дополнять телевизионные базисные наблюдения метеорных явлений в интегральном свете фотометрическими и спектральными наблюдениями, это повысит качество и глубину получаемых знаний о метеорах. Для изучения тонкой структуры метеорных следов имеет смысл использовать телескопические наблюдения.

В статье кратко описывается круг научных задач, наблюдательные возможности и некоторые результаты современных метеорных исследований, проводимых украинскими научными коллективами по изучению метеорного вещества.

Метеорные наблюдения в НИИ “Астрономическая обсерватория” ОНУ имени И.И. Мечникова

В конце XX столетия техника метеорных патрулей, базирующаяся на применении широкоугольных объективов и фотографическом методе фиксации излучения, физически и морально устарела и требовала кардинальной модернизации. В Одессе попытки использовать новые телевизионные методы начались с 2000 года, но только в 2003 году был создан первый образец телевизионного метеорного патруля на базе телескопа Шмидта, который с июня 2003 года и по сегодня регулярно проводит метеорное патрулирование на наблюдательной станции Крыжановка [1, 2]. В качестве приемников излучения использовались ССТV камеры фирмы Watec (Япония): LCL902K, LCL902H и LCL902H2 с временным разрешением 20 мс. В настоящее время метеорный патруль укомплектован следующими инструментами:

- телескоп Шмидта 220/300 мм (диаметр коррекционной пластины и диаметр зеркала соответственно), поле зрения $36' \times 48'$;
- астрокамера с объективом Петцваля КО140 (фокусное расстояние $F=140$ мм, относительное отверстие $F/1.8$, поле зрения $2^\circ \times 2.5^\circ$);
- астрокамера с объективом Петцваля КР35 ($F=140$ мм, $F/1.8$, $2^\circ \times 2.5^\circ$);
- астрокамера с объективом Nikon 85mm AF Nikkor ($F=85$ мм, $F/1.8$, $4^\circ \times 4.5^\circ$).

Приборы установлены на экваториальной монтировке АПШ-4 и работают в гидирующем режиме. Проницающая сила наблюдательного инструмента составляет $11.5^m - 13.5^m$ в системе, близкой к фотометрической полосе V. Для наблюдений со сверхкороткой базой создана азимутальная установка, которая установлена на расстоянии 50 м от основного метеорного патруля. Установка оснащена астрокамерой с объективом КО140.

С 2003 года на острове Змеиный (Одесская обл., Украина) в рамках научной программы Одесского национального университета им. И.И. Мечникова проводятся метеорные наблюдения. На острове оборудованы две наблюдательные площадки, на которых во время экспедиционных работ проводились и будут продолжаться базисные и небазисные патрульные наблюдения метеорных явлений [1].

Для каждого инструмента создана база данных, которая непрерывно пополняется при первичной обработке новых наблюдений. Сегодня база данных содержит информацию о 10000 метеорных явлениях, зарегистрированных с 2003 по 2016 год при непрерывном метеорном патрулировании. Для обработки наблюдательного материала, который содержится в базе данных, создан пакет программ [1]. Методика и статистика телевизионных наблюдений телескопических метеоров опубликована в [3 – 5].

Метеорные наблюдения в НИИ Николаевской астрономической обсерватории

С 2011 года в НИИ НАО проводятся наблюдения метеоров с использованием телевизионных камер. Система метеорных телескопов состоит из двух комплексов, установленных на расстоянии 12 км. Каждый комплекс оснащен двумя объективами Canon 85 mm (F=85 мм, F/1.8) и одного объектива ЛОМО-P0501 (F=100 мм, F/1.2). Все телескопы оснащены телевизионными камерами Watec LCL902H и соответственно имеют поля зрения $4.2^\circ \times 3.2^\circ$ и $3.6^\circ \times 2.7^\circ$ [6]. Детектирование метеоров осуществляется в автоматическом режиме с использованием программ НИИ НАО. Для опорных звезд применяется режим накопления кадров со смещением [7].

В 2012 – 2015 гг. системой телевизионных метеорных телескопов НИИ НАО зарегистрировано 5557 метеоров, из которых 481 метеорных явлений наблюдались из двух пунктов в 2013 – 2014 г.г. Наблюдаются метеоры от -2 до +5 интегральной зв. величины при угловой длине до 4° [8].

Для зарегистрированных и обработанных базисных метеорных траекторий были рассчитаны экваториальные координаты радианта и их погрешности. Средняя случайная погрешность вычисления экваториальных координат (α и δ) радианта составила не более $\pm 0.5^\circ$ [9]. Около 80 % метеорных траекторий имеют погрешность меньше $\pm 0.2^\circ$, что соответствует данным, публикуемым в журнале Международной Метеорной Организации (ИМО WGN) [10]. Для 347 базисных метеоров рассчитаны параметры атмосферной траектории (видимая и геоцентрическая скорости и высоты над уровнем моря) и элементы гелиоцентрических орбит. Распределение метеоров по скоростям свидетельствует о преобладании метеоров кометного происхождения (пик на 60 км/с) над астероидными (пик на 10 – 15 км/с) [11]. Погрешности определения высот и скоростей составили соответственно $\pm(1 - 2)$ км и $\pm(0.5 - 0.7)$ км/с.

Метеорные наблюдения в Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко

Метеорная группа Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко имеет длительный опыт базисных (одновременных двухсторонних) телевизионных наблюдений метеоров. До недавнего времени использовались высокочувствительные телевизионные установки с передающими трубками Ли-804 типа суперизокон, оснащенные фотографическими объективами Гелиос-40 (F=85 мм, F/1.5, полный кадр после оцифровки составляет 768×576 пикселей, 8 бит/пиксель, поле зрения $13^\circ \times 11^\circ$, размер пикселя $2.2'$) или Юпитер-3 (F=50 мм, F/1.5, полный кадр после оцифровки составляет 768×576 пикселей, 8 бит/пиксель, поле зрения $23.5^\circ \times 19^\circ$, размер пикселя $\sim 4'$). Развертка чересстрочная, временное разрешение 0,04 с (25 кадров 768×576 в секунду) при работе с

полными кадрами и 0,02 с (50 полукадров 384×288 в секунду) при использовании четных или нечетных полей кадра. Для расчета параметров траектории метеора в атмосфере Земли, его скорости, элементов гелиоцентрической орбиты и фотометрических характеристик были разработаны оригинальные методы обработки наблюдательных данных [12 – 15]. Методы и алгоритмы обработки данных используются в разработанном программном обеспечении “Falling Star” [16], которое может работать в автоматическом и полуавтоматическом режиме, или режиме ручной обработки с полной визуализацией видеоизображений. Для вычисления погрешностей всех кинематических параметров объекта применяется разработанный метод, который использует алгоритм Монте-Карло [16]. Для метеоров на среднем расстоянии 100 км при базисном расстоянии между пунктами наблюдения 54 км точность вычисления положения метеора составляет 100 – 200 м.

На данный момент предполагается заменить устаревшие телевизионные установки современными видеокамерами, расширить наблюдения в инфракрасную область, а также внедрить параллельные спектральные наблюдения для определения химического состава метеора. Возможны также проведения поляризационных наблюдений метеоров.

Планы и перспективы Украинской оптической метеорной сети

Фотометрические наблюдения. Для базисных наблюдений важно обеспечить синхронные фотометрические наблюдения в полосах V и R . Знание цвета метеора, вместе с параметрами траектории и скоростью, даст еще более точную привязку метеора к метеороидному потоку и, следовательно, выделения короткопериодических потоков, связанных с потенциально опасными астероидами.

Спектральные наблюдения метеоров. Значительная часть нерешенных вопросов метеорной астрономии связана с природой метеорных тел. Узнать что-либо о физико-химических свойствах частицы, которая это явление порождает, без методов спектроскопии – невозможно. Исследования метеорных спектров дают возможность получить информацию о физико-химических процессах, что происходят во время метеорных явлений, структуре и химическом составе метеорных тел, процессах абляции, гидродинамике метеоров, о температурах в метеорных комах. Для многих теоретических и наблюдательных работ необходимо принимать во внимание преимущества этого метода [17, 18]. Для получения качественных метеорных спектров необходимы чувствительные камеры (не менее 0.0001 лк) с большим полем зрения и дисперсионные элементы (оптическая призма или дифракционная решетка) с хорошей разрешающей способностью. Это позволит фиксировать слабые метеорные явления с высоким временным, позиционным и спектральным разрешениями.

Исследование пылевого вещества вблизи Солнца. Физические процессы, связанные с Солнцем на гелиоцентрических расстояниях менее 0,1 а.е. приводят к относительно быстрому частичному или полному рассеиванию кометных роев, испарению части кометных пылевых частиц, изменению физико-химических свойств вещества метеороидов. Подробно об эффекте термического воздействия Солнца на свойства пылевого вещества опубликовано в [19]. Механизм термодесорбции вещества околосолнечных пылевых частиц практически не изучен. Таким образом, возникает необходимость в разработке специальных методов наблюдений и аппаратуры, что позволит провести требуемые комплексные (одновременные) позиционные, фотометрические и спектральные наблюдения метеорных явлений в автоматическом режиме фиксации метеорных явлений.

Предполагается, что перспективные научные задачи, связанные с фотометрическими, спектральными и позиционными наблюдениями, в ближайшее время будут решаться Украинской оптической метеорной сетью.

Выводы

На территории Украины проводится патрулирование метеорных явлений в телевизионном режиме в Одессе, Киеве и Николаеве. Для повышения эффективности в изучении метеорного вещества существует необходимость в формировании сети оптических станций за счет объединения действующих. Для расширения и дополнения круга исследований, связанных с

малоизученными вопросами метеорной астрономии, требуется создание оптического базисного метеорного патруля в Харькове. Отработанная научными коллективами методика наблюдений, обработки наблюдательного материала позволяет решать различные (в том числе и новые) задачи метеорной астрономии.

Авторы искренне благодарны С. В. Коломиец за внимание и поддержку при подготовке рукописи к публикации.

Список литературы: 1. *Gorbanev, Y. M.* Odessa Television Meteor Patrol // *Odessa Astronomical Publications.* – 2009. – Vol. 22. – P. 60-67. 2. *Горбанев Ю.М., Голубаев А.В., Жуков В.В., Князькова Е.Ф., Кимаковский С.Р., Подлесняк С.В., Сарест Л.А., Стогнеева И.А., Шестопалов В.А.* Методика и статистика телевизионных наблюдений телескопических метеоров // *Астроном. Вестн.* – 2006. – Т. 40, № 5. – С. 449-464. 3. *Горбанев Ю.М., Голубаев А.В., Жуков В.В., Кимаковская И.И., Кимаковский С.Р., Князькова Е.Ф., Подлесняк С.В., Сарест Л.А., Стогнеева И.А., Шестопалов В.А.* Методика позиционных измерений телевизионных изображений телескопических метеоров // *Астроном. Вестн.* – 2008. – Т. 42, № 1. – С. 37-53. 4. *Gorbanev Yu. M., Kimakovsky S. R., Knyazkova E. F.* Positional Measurements of the Meteor TV Images // *Odessa Astronomical Publications.* – 2009. – Vol. 22. – P. 12-20. 5. *Gorbanev Yu. M., Golubaev A. V.* Definition of Poles of the Large Circles of Meteoric Trajectories // *Odessa Astronomical Publications.* – 2009. – Vol. 22. – P. 4-12. 6. *Куличенко Н.А., Шульга А.В., Козырев Е.С., Сибирякова Е.С.* Использование ТВ-камер для наблюдений метеоров // *Космічна наука і технологія.* – 2012. – Т. 18, № 6. – С. 67–72. 7. *Козырев Е.С., Сибирякова Е.С., Шульга А.В.* Телевизионные наблюдения низкоорбитальных космических объектов с использованием способа накопления кадров со смещением // *Космічна наука і технологія.* – 2011. – Т. 17, № 3. – С. 71-76. 8. *Куличенко Н.А., Шульга А.В., Козырев Е.С., Сибирякова Е.С.* Телевизионные наблюдения метеоров в НИИ НАО // *Вісник Астрономічної школи.* – 2013. – Т. 9, № 1-2. – С.107–110. 9. *Kulichenko N., Shulga O., Kozryyev Y. and Sybiryakova Y.* Double station observation of meteors in Nikolaev // *WGN, Journal of the International Meteor Organization.* – 2015. – Vol. 43, №. 3. – P. 81–84. 10. *Johannink C.* Results of the CAMS project in 2012 // *WGN, Journal of the International Meteor Organization.* – 2013. – Vol. 41, № 6. – P. 184-189. 11. *Ueda M., Fujiwara Y.* Television Meteor Radiant Mapping // *Earth, Moon, and Planets.* – 1995. – Vol. 68, № 1–3. – P. 585–603. 12. *Kozak P.M., Rozhilo A.A. and Taranukha Y.G.* Some features of digital kinematic and photometrical processing of faint TV meteors // *Proceedings of the Meteoroids 2001 Conference.* – Kiruna, Sweden, 6-10 August, 2001, ESA-SP 495, Editor Barbara Warmbein. – 2001. – P. 337-342. 13. *Козак П.Н.* Анализ методов и точность определения экваториальных координат при цифровой обработке телевизионных наблюдений метеоров // *Кинематика и физика небесных тел.* – 2002. – Т. 18, № 5. – С. 471-480. 14. *Козак П.Н.* Векторный метод определения параметров траектории и элементов гелиоцентрической орбиты метеора для телевизионных наблюдений // *Кинематика и физика небесных тел.* – 2003. – Т. 19, № 1. – С. 62-76. 15. *Козак П.Н., Рожило А.А.* Астрометрическая и фотометрическая точность измерений при цифровой обработке телевизионных широкоугольных снимков астрономических объектов // *Вісник Астрономічної школи* – 2005. – Т. 4, № 2. – С. 259-263. 16. *Kozak P.* “Falling Star”: Software for processing of double-station TV meteor observations. – *Earth, Moon, and Planets.* – 2008. – Vol. 102, № 1-4. – P. 277-283. 17. *Borovička J.* Meteoroid properties from meteor spectroscopy // *Meteoroids. Astron. Inst., Slovak Acad. Sci., Bratislava, 1999.* – P. 355-362. 18. *Borovička J., Miloš W. and Voček J.* Perseids. Temporal evolution of a Perseid fireball spectrum // *WGN, the Journal of the IMO.* – 2006. – 34:2. – P. 49-54. 19. *Golubaev A.V.* Sungrazing Dust Particles against the Sporadic Meteor Background // *Sol. Syst. Res.* 2015. – Vol. 49, № 4. – P. 226–236.

НИИ “Астрономическая обсерватория” Одесского национального университета имени И.И. Мечникова;

НИИ Николаевская астрономическая обсерватория;

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко;

НИИ астрономии Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина

Поступила в редколлегию 20.03.2016