

ОПТИЧЕСКИЕ МЕТЕОРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

А. П. Карташова¹, О. П. Попова²

¹*Институт астрономии РАН,*

²*Институт динамики геосфер РАН им. М. А. Садовского*

В работе рассматриваются оптические системы, которые используются для метеорных наблюдений в разных диапазонах масс (звездных величин). Показаны возможности данных систем и их область применимости.

OPTICAL METEOR OBSERVATIONS

A. P. Kartashova¹, O. P. Popova²

¹*Institute of Astronomy Russian Academy of Sciences*

²*Sadovsky Institute of Geospheres Dynamics Russian Academy of Sciences*

Optical systems, which are used for meteor observations in different mass ranges (stellar magnitudes), are considered. The possibilities of these systems and their applicability are discussed.

Введение

Метеорные тела (метеороиды) имеют размеры от 30 мкм до 1 м в диаметре (IAU терминология), поэтому они практически недоступны прямым наблюдениям даже в самые мощные телескопы. Единственный способ их регистрации состоит в наблюдениях этих частиц при взаимодействии с атмосферой Земли. Особенностью метеорных наблюдений является то, что мы заранее не знаем ни область на небесной сфере, ни время, когда произойдет событие. Кроме того, метеорные явления кратковременны — они длятся доли секунд или секунды, эти события уникальны, их нельзя повторить. Свойства метеороидов оценивают, опираясь на данные различных наблюдений. Метеорные явления регистрируют оптически при помощи фотографических и телевизионных камер. Кроме того, при взаимодействии метеороидов с атмосферой образуются ионизированные следы, могут возникать ударные волны и волны давления, которые приводят к формированию инфразвуковых сигналов. Эти явления можно регистрировать другими методами (радиолокацией, акустическими наблюдениями). Каждый из этих методов имеет свою область применения, специфические особенности и результативность. Для изучения метеорных потоков (в том числе для выявления новых и изучения основных параметров известных метеорных потоков) и спорадического фона (который отвечает за большую часть притока внеземного вещества на Землю) необходимы наблюдения из разных географических мест. Получение наблюдательных данных на различных долготах, без перерывов, позволяют изучать тонкую поперечную структуру метеороидных роев. При таком подходе можно зарегистрировать различные неоднородности в рое, отличающиеся как плотностью распределения частиц в потоке, так и распределением по массе.

Оптические установки

Аппаратура, используемая для оптических наблюдений, должна удовлетворять целому ряду требований:

- широкое поле зрения;
- высокое пространственное разрешение;
- высокая проникающая способность;
- высокое временное разрешение;
- всепогодное исполнение.

Следует отметить, что разные оптические установки предназначены для регистрации метеоров в разных диапазонах яркостей (и, соответственно, разных масс). Как правило, различают два основных типа таких установок. Метеорные камеры позволяют регистрировать мелкие метеорные тела с размером, не превышающим 1 см, на высотах 130–70 км с максимальными яркостями до примерно -2 – -4^m . Более крупные тела проникают в атмосферу на более низкие высоты, их яркость значительно выше и может достигать -17^m и даже более. Такие болиды регистрируют болидными камерами, болиды ярче -17^m называются суперболидами и могут регистрироваться спутниковыми системами наблюдений. Для получения хороших результатов необходимо проводить базисные наблюдения, где один и тот же метеор должен быть зарегистрирован двумя и более камерами, чьи поля зрения перекрываются. Обработка наблюдений, полученных при базисных наблюдениях, позволяет получить абсолютную яркость, координаты метеорного трека, высоту вдоль трека, скорость входа, координаты радианта, орбитальные параметры, кривую блеска для каждого зарегистрированного метеора.

Болидные камеры

Когда ставится задача регистрации болидов на видимой части небосвода, используются камеры типа с широкими полями зрения $\sim 180^\circ$ (системы типа «All-sky»), которые способны регистрировать только яркие метеоры и болиды. С помощью болидных камер разворачиваются болидные сети, перекрывающие обширные территории. Это позволяет получать базисные регистрации редких болидных явлений. Проникающая сила таких систем по звездам редко превышает $+3.0^m$ при телевизионной частоте кадров.

В настоящее время работают болидные сети, расположенные по всему миру. Первая в мире болидная сеть была создана в Чехословакии в 1963 г. [1]. В последующие годы на юге Германии были созданы дополнительные станции, и с 1968 г. сеть стала известна как Европейская болидная сеть (European Fireball Network) [2]. В разные годы для наблюдений на данной сети использовалась фотографическая аппаратура, которая постоянно совершенствовалась. В настоящее время используется новый тип цифровых камер [3].

Сеть FRIPON (Fireball Recovery and InterPlanetary Observation Network) [4] расположена на большой территории, в основном в Европе, но использует камеры с относительно низким разрешением, что влияет на точность данных. Сеть Desert Fireball Network (DFN) использует цифровые фотокамеры [5, 6].

Сеть созданная на основе установок All-Sky-7 (ранее All-Sky-6, [7]) использует семь видеокамер на каждой станции, которые вместе охватывают все небо, но больше подходит для более слабых метеоров.

Болидная сеть, созданная в Таджикистане, является первой и единственной сетью в Центральной Азии [8]. Сеть состоит из 5 наблюдательных станций, снабженных фотографическими болидными и цифровыми камерами всего неба.

Продолжительность болидных явлений достигает нескольких секунд, поэтому каждое такое событие регистрируется на нескольких десятках кадров, по которым можно провести не только траекторное измерение, но и измерение торможения метеороидов в атмосфере. Анализ болидных наблюдений дает возможность вычислить места предполагаемого

падения тела на Землю и обнаружить на этом месте упавший метеорит. Среди первых найденных с помощью болидных сетей на разных континентах метеоритов можно назвать Пришбрам (Чехословакия, 1959), Лост-Сити (США, 1970), Иннисфри (Канада, 1977), Нойшванштайн (Германия, 2002) и Бунбура Рокхол (Австралия, 2007). На данный момент таких находок гораздо больше.

Метеорные камеры

Для наблюдений более слабых объектов также используются широкоугольные камеры, но уже с проникающей способностью выше $+5.0^m$ по звездам. Примерами таких метеорных установок являются Allsky7 [7], CAMS [9]. Метеорные наблюдения в Институте астрономии РАН проводятся с помощью метеорных установок. Эти установки состоят из следующих компонентов: черно-белой видеокамеры высокого разрешения Watec LCL-902HS Ultimate, широкоугольного объектива Computar 6/0.8 ($F = 6$ мм, 1:0.8), персонального компьютера и системы видеозахвата UFOCapture. Вся светоприемная аппаратура помещена в термокожух с собственной системой питания 12 В и крышкой закрывающей входной иллюминатор между наблюдениями (см. рисунок). Поле зрения камер $50 \times 40^\circ$, предельная звездная величина для метеоров $+4.0^m$ (для Московской области). Результатом обработки наблюдений являются данные о каждой метеорной частице, что в дальнейшем может быть использовано для решения различных задач метеорной астрономии.



Метеорная установка, расположенная на ЗО ИНАСАН

Метеорные установки достаточно компактные и не требуют отдельного здания для их размещения, поэтому наблюдения можно проводить в любом месте (от маленькой об-

серватории до жилого дома). В последние годы количество метеорных установок, которые используют профессиональные метеорные группы в сотрудничестве с астрономами-любителями, расположенных по всему миру, резко возросло. Они образуют плотные метеорные сети в Европе, Японии, Канаде, Северной Америке и других странах.

Несмотря на довольно большой объем получаемых метеорных наблюдений, существуют проблемы с методами обработки наблюдений, с первичным их анализом, с организацией и проведением самих наблюдений, что может сильно влиять на получаемые результаты. Некоторые широко используемые программы обработки, позволяющие получить параметры метеорных событий, не дают возможности оценить ошибки этих параметров. При наблюдениях не всегда с высокой точностью проводится синхронизация аппаратуры со временем. Наблюдения могут проводиться кратковременно, 1–2 ч. Могут использоваться различные камеры, что необходимо учитывать при анализе наблюдений.

Заключение

Наблюдения различного типа необходимы для решения широкого круга задач метеорной астрономии, среди которых можно упомянуть исследование притока метеорного вещества на Землю, изучение параметров метеорных потоков, выявление новых метеорных потоков, получение оценок массы и плотности метеорных частиц в каждом потоке и спорадическом фоне, проведение мониторинга распределения метеорного вещества в Солнечной системе как с целью обеспечения безопасности космических полетов, так и для снижения угрозы «астероидной» опасности.

Библиографические ссылки

- [1] *Cepelcha Z., Rajchl J.* Programme of fireball photography in Czechoslovakia // Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia. — 1965. — Vol. 16. — P. 15.
- [2] *Cepelcha Z., Ježková M., Boček J. et al.* Data on Three Significant Fireballs Photographed within the European Network in 1971 // Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia. — 1973. — Vol. 24. — P. 13.
- [3] *Spurný P., Borovička J., Mucke H., Svoreň J.* Discovery of a new branch of the Taurid meteoroid stream as a real source of potentially hazardous bodies // Astronomy and Astrophysics. — 2017. — Vol. 605. — P. A68. 1705.08633.
- [4] *Colas F., Zanda B., Bouley S. et al.* FRIPON: a worldwide network to track incoming meteoroids // Astronomy and Astrophysics. — 2020. — Vol. 644. — P. A53. 2012.00616.
- [5] *Bland P. A., Spurný P., Bevan A. W. R. et al.* The Australian Desert Fireball Network: a new era for planetary science // Australian Journal of Earth Sciences. — 2012. — Vol. 59, № 2. — P. 177–187.
- [6] *Devillepoix H. A. R., Bland P. A., Towner M. C. et al.* Status of the Desert Fireball Network // International Meteor Conference Egmond, the Netherlands, 2-5 June 2016 / ed. by A. Roggemans, P. Roggemans. — 2016. — P. 60.
- [7] *Hankey Mike, Perlerin Vincent, Meisel David.* The all-sky-6 and the Video Meteor Archive system of the AMS Ltd. // Planetary and Space Science. — 2020. — Vol. 190. — P. 105005.
- [8] *Kokhirova G. I., Babadzhanov P. B., Khamroev U. Kh.* Tajikistan fireball network and results of photographic observations // Solar System Research. — 2015. — Vol. 49, № 4. — P. 275–283.
- [9] *Jenniskens P., Nénon Q., Gural P. S. et al.* CAMS newly detected meteor showers and the sporadic background // Icarus. — 2016. — Vol. 266. — P. 384–409.